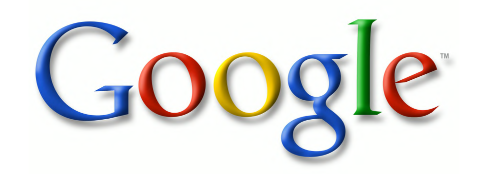



UC-NRLF
$B 259 513



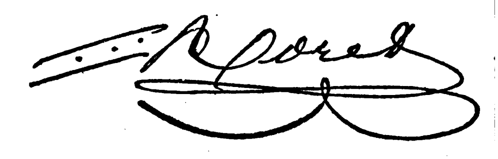
ENCYCLOPÉDIE-RORET.

CHARPENTIER

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'**Encyclopédie-Roret** leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Editeur, qui se réserve le droit de le faire traduire dans toutes les langues, et de poursuivre, en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons et toutes traductions faites au mépris de ses droits.

Le dépôt légal de ce Manuel a été fait dans le cours du mois de mars 1861, et toutes les formalités prescrites par les traités ont été remplies dans les divers Etats avec lesquels la France a conclu des conventions littéraires.



EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE :

MANUELS-RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

CHARPENTIER

OU

TRAITÉ SIMPLIFIÉ DE CET ART

SUIVI

D'UN PETIT TRAITÉ DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

RENFERMANT LA SOLUTION
DES PROBLÈMES DONT ON FAIT LE PLUS FRÉQUEMMENT USAGE;

Par MM. **BISTON** ET **HANUS**.

AVEC UNE INTRODUCTION ET UN APPENDICE

Par **C. BOUTEREAU**,
Professeur de Géométrie, de Mécanique et de Dessin linéaire appliqués aux arts.

Ouvrage orné de 21 Planches gravées sur acier.

NOUVELLE ÉDITION,
REVUE, CORRIGÉE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

PARIS
A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,
RUE HAUTEFEUILLE, 12.
1861.

AVANT-PROPOS.

Dans ses *Essais sur l'enseignement*, M. Lacroix, membre de l'Institut et de la Légion-d'Honneur, etc., a dit :

« Il faut à la plupart des artistes des livres et des leçons » uniquement dirigés vers l'application, et bornés, par con- » séquent, à l'exposition claire et précise des préceptes. Les » meilleurs traités sont ceux qui renferment le plus d'exem- » ples et le moins de raisonnements : cette espèce de livres » qu'on doit considérer comme des Manuels, dont il faut se » rendre l'usage familier, est très-propre à répandre l'in- » struction parmi ceux qui pratiquent les arts. »

Nous avons fait tous nos efforts pour nous conformer aux idées de ce savant. Tout, dans cet ouvrage, est dirigé vers la pratique, et, lorsque les théories n'ont pu être expliquées par de simples figures de géométrie, nous nous sommes borné à ne donner que l'énoncé des résultats obtenus par des considérations mathématiques trop élevées pour être comprises par tous les lecteurs : cependant, pour abréger, nous n'avons pas cru devoir rejeter les signes algébriques pour indiquer des opérations arithmétiques ; parce qu'il est bon d'ailleurs que les praticiens s'en rendent l'usage familier (1).

(1) Voici l'explication des signes abréviatifs :

Le signe + marque l'addition et se prononce *plus*. Au lieu d'écrire 5 plus 4 on a écrit 5 + 4.

Le signe — indique la soustraction et se prononce *moins*. Au lieu d'écrire 5 moins 3, on a écrit 5 — 3.

Le signe × marque la multiplication et se prononce *multiplié par*. Au lieu d'écrire 5 multiplié par 3, on a écrit 5 × 3.

Le signe — placé entre deux nombres écrits l'un au-dessous de l'autre marque la division et se prononce *divisé par*. Au lieu d'écrire 12 divisé par 4, on a écrit $\frac{12}{4}$.

Le signe = marque que le nombre placé à gauche est égal au nombre

On trouvera dans l'autre (1) tous les détails relatifs à la construction des escaliers en bois, travail excessivement varié, qui mérite une étude toute spéciale de la part des ouvriers qui s'en occupent.

Dans une cinquième partie, nous avons réuni tout ce qui a rapport au mesurage des bois, à la conversion des mesures anciennes en nouvelles et réciproquement. Nous y avons indiqué les us et coutumes en vigueur parmi les charpentiers; nous y avons, enfin, ajouté un modèle de devis, pour les travaux de la charpenterie, et une table que nous avons calculée pour la cubature des bois ronds.

La sixième et dernière partie se compose d'une nomenclature, avec description des machines, outils et instruments employés par les charpentiers.

Enfin dans l'Appendice, le lecteur trouvera disposées en cinq chapitres exigeant seuls huit grandes planches :

1° La solution des principaux problèmes de la géométrie dont il est fait usage dans la charpenterie;

2° L'application du calcul à la composition et à la décomposition des pressions que les charpentiers ont souvent besoin de bien connaître;

3° La théorie des assemblages au point de vue de la résistance que chacun peut opposer aux forces destructives de sa stabilité;

4° La charpenterie en fer;

5° Une série d'ouvrages spéciaux désignés sous le nom général de charpenterie accessoire.

Cette édition, aussi bien que les précédentes, se termine par un vocabulaire donnant la véritable signification de certains mots et de certaines locutions dont se servent les ouvriers en bâtiments.

(1) *Manuel pour la construction des escaliers*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*, un volume avec Atlas, prix 5 francs.

NOUVEAU MANUEL COMPLET.

DU

CHARPENTIER

PREMIÈRE PARTIE.

SECTION Ire.

§ 1. PREMIÈRES NOTIONS DE GÉOMÉTRIE ÉLÉMENTAIRE.

La géométrie est la science de l'étendue.

L'étendue dans les corps a trois dimensions. Les deux premières sont : *la longueur* et *la largeur*. La troisième s'appelle *épaisseur, hauteur* ou *profondeur*, selon la nature du corps que l'on considère.

La surface d'un corps n'a pas d'épaisseur. Quand une règle peut exactement s'y appliquer dans toutes les positions imaginables, c'est une *surface plane* ou un *plan*.

Toute partie d'une surface qui n'est pas plane est une *surface courbe*. Il y a une infinité de surfaces courbes différentes; mais on ne s'occupe guère en géométrie que du petit nombre de celles qu'on peut définir.

De même qu'il existe deux sortes de surfaces, il existe aussi deux sortes de lignes : la *ligne droite a b* (fig. 1), et la *ligne courbe a m n b* (même figure).

On appelle *ligne droite* le plus court chemin d'un point à un autre. On nomme au contraire *ligne courbe* toute ligne qui n'est ni droite, ni composée de lignes droites.

Une ligne *polygonale* ou *brisée* est celle qui se compose de plusieurs droites qui se succèdent dans des directions différentes.

Une courbe peut être regardée comme une ligne polygonale composée de droites d'une petitesse indéfinie.

Qu'elle soit droite, ou courbe, ou brisée, une ligne n'a jamais qu'une seule dimension : la longueur.

Deux droites *oa*, *ob* (fig. 2) qui partent d'un point *o* dans des conditions différentes, y forment ce que l'on appelle un *angle*, dont elles sont les deux côtés : leur point de rencontre ou de départ *o* est ce que l'on appelle le sommet de l'angle.

La grandeur d'un angle ne dépend que de l'écartement des côtés, qu'on peut toujours supposer d'une longueur indéfinie.

Quand plusieurs angles ont leur sommet au même point, on les distingue par des numéros ou par des lettres que l'on place entre les côtés : quelquefois aussi on les désigne au moyen de trois lettres, dont celle du sommet doit occuper le milieu. De cette manière, l'angle numéro 1 (fig. 3) se nommera *aod*, ou bien *doa*, et il en sera de même pour les trois autres.

Quand deux droites se coupent (fig. 3), elles forment évidemment quatre angles, dont les *opposés* 1 et 3 *sont égaux*. Il en est de même des angles 2 et 4.

S'il arrive à l'un des angles d'être égal à son voisin, qu'on appelle aussi son *adjacent*, les quatre angles de la figure sont égaux, et les droites sont dites *perpendiculaires* l'une à l'autre.

Deux droites qui se coupent sans être perpendiculaires l'une à l'autre se coupent *obliquement*, et les angles qu'elles forment ne sont plus égaux qu'alternativement, le premier, au troisième, et le second, au quatrième.

On distingue 3 sortes d'angles :

L'angle droit, l'angle aigu et l'angle obtus.

Un angle droit est celui qui est formé par deux droites perpendiculaires l'une à l'autre. Tel est l'angle K (fig. 4).

Un angle aigu est celui qui est moins ouvert qu'un droit. Tel est l'angle L (fig. 5).

Un angle obtus est celui qui est plus ouvert qu'un droit. Tel est l'angle M (fig. 6).

L'angle droit est l'unité d'angle : on le subdivise en 90 *degrés*, qui se divisent chacun en 60 *minutes*, et chacune de ces 60 minutes se subdivise en 60 *secondes*.

Pour indiquer qu'un angle X contient 45 degrés plus 48 minutes plus 25 secondes, on écrit :

$$X = 45^{o}\,48'\,25''$$

Quand une droite *ab* tombe perpendiculairement sur une autre, chacun des angles adjacents 1 et 2 égale 90° : donc la somme des deux angles $= 180^{o}$ (fig. 7).

Quand la droite *ab* tombe obliquement sur *cd*, comme

dans la figure 8, ce que l'angle aigu *abc* a de degrés de moins que 90, son adjacent *abd* les a de plus que 90 ; ainsi encore dans ce cas, la somme des deux angles adjacents est égale à celle de deux droits ou à 180°.

Quand on connait la valeur d'un angle, on peut donc aisément avoir celle de son adjacent.

Deux angles sont supplémentaires l'un de l'autre, quand leur somme = 180° : le supplément d'un angle de 28° 47' est de 180° — (28° 47') ou 151° 13'.

La somme de tous les angles que l'on peut former sur un plan autour d'un point est invariablement égale à 360° ou 4 angles droits.

L'excès d'un droit ou de 90° sur un angle aigu est le *complément* de cet angle : l'excès d'un angle obtus sur un droit est le complément (*soustractif*) de cet angle obtus.

On appelle *triangle* une surface plane terminée par trois droites se coupant deux à deux.

Si les trois côtés sont égaux, le triangle est *équilatéral*, tel est *abc* (fig. 9).

Dans un triangle quelconque, la somme des trois angles = 180° ou 2 droits.

Dans le triangle équilatéral, chaque angle vaut donc 60° ou $\frac{2 \text{ droits}}{3}$ ou ²/₃ d'un angle droit.

Si deux côtés seulement sont égaux, le triangle est *isoscèle* (fig. 10).

Dans un triangle isoscèle, les angles opposés aux côtés égaux sont égaux, et la droite qui joint le sommet au milieu de la base, après avoir divisé l'angle du sommet en deux parties égales tombe perpendiculairement sur la base.

Un triangle dont les trois côtés sont inégaux se nomme *scalène* : tel est *abc* (fig. 11).

Dans un triangle scalène, l'ordre de grandeur des côtés se retrouve dans l'ordre de grandeur des angles opposés.

En général, dans tout triangle, à un angle égal est opposé un côté égal ; à un angle plus grand, un côté plus grand ; à un angle petit, un côté plus petit ; et réciproquement.

Un triangle dont un angle est droit s'appelle *triangle rectangle*. Tel est *bac* (fig. 12) ; le côté *bc* qui est opposé à l'angle droit est ce que l'on appelle l'*hypothénuse* du triangle rectangle.

Les deux angles aigus d'un triangle rectangle valent ensemble 1 droit ou 90° ; chacun d'eux est donc le complément de l'autre ; ainsi $b = 90° - c$ et $c = 90° - b$.

Deux triangles quelconques sont égaux :

1° Quand ils ont leurs trois côtés respectivement égaux;

2° Quand ils ont deux côtés respectivement égaux et que l'angle compris par les côtés du premier est égal à l'angle compris par les côtés du second ;

3° Quand ils ont un côté égal compris entre deux angles respectivement égaux ;

4° Quand ils sont rectangles, et qu'ils ont l'hypothénuse égale et un côté de l'angle droit égal.

Lorsque deux triangles ont deux côtés respectivement égaux, si l'angle compris par les côtés du premier est plus grand que l'angle compris entre les côtés du second, le troisième côté du premier triangle est plus grand que le troisième côté du second.

Si d'un point *o* (fig 13), pris hors d'une droite *ab*, on mène une perpendiculaire et différentes obliques :

1° La perpendiculaire *oi* est moindre que chacune des obliques;

2° Deux obliques *om* et *on* dont les pieds *m* et *n* sont à une égale distance du pied *i* de la perpendiculaire, sont deux obliques de même longueur;

3° De deux obliques *op* et *om* ou bien *op* et *on* dont les pieds s'écartent inégalement de la perpendiculaire, celle dont le pied s'en écarte le plus est la plus longue;

Si l'on élève une perpendiculaire indéfinie *ab* (fig. 14) sur le milieu *i* d'une droite *cd*, cette perpendiculaire est le *lieu* de tous les points du plan qui sont à une égale distance des deux extrémités *c* et *d* de la droite *cd*.

La ligne qui divise un angle en deux parties égales est pareillement le lieu des points également distants des deux côtés de l'angle.

On nomme *parallèles*, deux droites qui, quoique situées sur un même plan, ne se rencontrent jamais.

Si du point *o* (fig. 15) on mène *oi* perpendiculairement sur *ab*; puis *mn* perpendiculairement à *oi*, les deux lignes *mn* et *ab* sont parallèles.

On reconnaît deux parallèles à ce qu'une droite *oi* perpendiculaire à l'une, est aussi perpendiculaire à l'autre.

Quand on mène une sécante ou transversale (fig 16) à travers deux parallèles, les 4 angles aigus *a*, *b*, *c*, *d*, sont égaux, et il en est de même des 4 angles obtus leurs voisins.

On renconnaîtra donc le parallélisme de deux droites :

1° A l'égalité de deux angles *correspondants* comme *c* et *a*;

2° A l'égalité de deux angles *alternes internes* comme *c* et *b*;

3° A l'égalité de deux angles *alternes externes* comme *a* et *d;*

4° A l'égalité de la somme de deux internes du même côté, $b+x$ par exemple, avec celle de deux droits ou 180°.

Deux angles sont égaux lorsque leurs côtés sont respectivement parallèles et qu'ils ont leur ouverture dans le même sens, ou dans le sens tout-à-fait inverse.

Deux angles de la même espèce, c'est-à-dire aigus tous deux, ou obtus tous deux, sont encore égaux quand ils ont leurs côtés respectivement perpendiculaires.

Les parties *ab*, *cd* de deux parallèles (fig. 17) comprises entre deux parallèles *mn*, *pq* sont égales entre elles, et comme ces lignes pourraient être perpendiculaires aux droites *mn* et *pq*, on voit que deux parallèles sont partout également distantes.

Si, par les sommets d'une ligne polygone ABCDEF on mène les droites A*a*, B*b*, C*c*, D*d*, E*e*, F*f*, égales et parallèles, les extrémités *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* déterminent une ligne égale en tout à la ligne ABCDEF.

Il est facile de comprendre qu'en multipliant suffisamment le nombre des parallèles on pourra utiliser cette observation pour reproduire une ligne ou une figure quelconque à côté d'elle-même.

Figures ayant plus de trois côtés. — Les figures rectilignes ayant plus de trois côtés se nomment en général *polygones*. Cependant on emploie plus généralement le nom de *quadrilatère* pour indiquer les figures de quatre côtés. On se sert également des mots *pentagone*, *hexagone*, *octogone*, *décagone*, etc., pour indiquer abréviativement les polygones de cinq, de six, de huit et dix côtés.

On appelle *périmètre* l'ensemble de tous les côtés d'un polygone, et *diagonale*, toute droite qui unit deux sommets non contigus.

On décompose un polygone en autant de triangles qu'il a de côtés, en joignant un point intérieur avec chacun des sommets; et en autant de triangles qu'il y a de côtés moins deux, quand on joint un de ses sommets à tous les autres non contigus.

La somme de tous les angles d'un polygone s'obtient en multipliant deux droits ou 180° par le nombre des côtés moins deux; ainsi, la somme des angles est de 4 droits dans le quadrilatère; elle est de 6 droits dans le pentagone; de 8 droits dans l'hexagone, etc.

Un quadrilatère se nomme *trapèze*, quand il n'a que deux côtés parallèles, et *parallélogramme*, quand il a les côtés pa-

rallèles deux à deux. Les côtés parallèles d'un trapèze en sont les *bases*, et leur perpendiculaire commune, la *hauteur*. Dans le parallélogramme, on nomme *base* indistinctement, un des côtés, et *hauteur* la perpendiculaire abaissée de l'un quelconque des trois sommets sur le côté opposé pris pour base. La hauteur d'un triangle tombe quelquefois, hors du triangle, sur la base prolongée.

Dans tout parallélogramme, les côtés et les angles opposés sont égaux deux à deux, et les diagonales se coupent mutuellement en deux parties égales.

Un quadrilatère est un parallélogramme, quand il a deux côtés égaux et parallèles, ou bien lorsque chaque côté est égal à son opposé.

Un parallélogramme se nomme *rhombe* ou *losange*, lorsque ses côtés sont tous égaux; *rectangle*, quand ses angles sont droits, et *carré* quand ses quatre côtés sont égaux et que ses quatre angles sont droits.

Du cercle et des polygones réguliers. — On appelle *circonférence de cercle*, une ligne courbe dont tous les points sont également distants d'un point intérieur appelé *centre*. On nomme *rayon*, la distance d'un point quelconque de la circonférence au centre; *corde*, la distance d'un point quelconque de la circonférence à un autre point de la même ligne; *diamètre*, toute corde qui passe par le centre; *sécante*, toute corde prolongée hors du cercle; *arc*, une partie quelconque de la circonférence; *quadrant*, la quatrième partie ou le quart de la circonférence; *degré*, la 90e partie d'un quadrant; *minute*, la 60e partie d'un degré; *seconde*, la 60e partie d'une minute, etc. Ce sont enfin les mêmes subdivisions pour le quadrant que pour l'angle droit.

Tout diamètre divise la circonférence en deux arcs égaux et la surface du cercle en deux parties égales.

Lorsque deux arcs sont égaux, leurs cordes sont égales; et lorsque deux arcs de même espèce et de même rayon sont inégaux, le plus grand arc est sous-tendu par la plus grande corde. Il suit de là que deux arcs de même espèce et de même rayon sont toujours égaux, quand ils sont sous-tendus par des cordes égales.

La droite qui joint le centre d'un cercle avec le milieu d'une corde est toujours perpendiculaire à la corde; elle divise l'arc sous-tendu en deux parties égales, et est quelquefois appelée *apothème* de la corde; c'est sur elle que se mesure la distance de la corde au centre.

Les cordes égales sont également distantes du centre et

réciproquement. Les plus grandes cordes sont plus près du centre que les plus petites.

Une perpendiculaire à l'extrémité d'un rayon est une tangente à la circonférence.

Deux cercles se touchent quand la tangente à l'un est aussi tangente à l'autre : il suit de là que quand deux cercles se touchent, les deux centres et le point de contact sont en ligne droite. Si les cercles se touchent en dehors, la distance des centres est égale à la somme des deux rayons : quand les cercles se touchent en dedans, la distance des centres est égale à la différence des rayons.

Deux cordes parallèles interceptent sur la circonférence des arcs égaux. Quand une corde et une tangente sont parallèles, le point de contact de la tangente est à égale distance des extrémités de la corde. Enfin, quand deux tangentes sont parallèles, les deux points de contact sont diamétralement opposés.

L'angle de deux rayons a pour mesure l'arc compris entre ses côtés, c'est-à-dire le rapport de cet arc au quadrant. Si l'arc vaut les 3/4 du quadrant, l'angle vaut les 3/4 d'un droit; si l'arc vaut 15° 8', l'angle vaut 15° 8', etc.

L'angle formé par deux cordes et dont le sommet est sur la circonférence, se nomme *angle inscrit;* il a pour mesure la moitié de l'arc compris entre ses côtés. Si l'arc vaut 40°, l'angle en vaut 20. Tous les angles inscrits dans le même arc sont égaux, et ils sont droits, quand cet arc est égal à une demi-circonférence.

Un angle formé par une corde avec une tangente menée à l'une de ses deux extrémités a pareillement pour mesure la moitié de l'arc compris entre ses côtés.

Toutes les fois qu'un polygone a tous ses sommets sur la circonférence d'un cercle, on l'appelle polygone inscrit : le cercle s'appelle alors cercle circonscrit.

Si les sommets d'un polygone divisent une circonférence en parties égales, ce *polygone est régulier*, c'est-à-dire qu'il a ses angles égaux et ses côtés égaux.

Pour obtenir un polygone régulier, il suffit donc de diviser une circonférence en autant de parties égales que le polygone doit avoir de côtés; et cela peut toujours se faire par tâtonnement.

Lorsqu'un polygone est régulier et qu'on fait passer une circonférence par trois sommets consécutifs, cette circonférence passe par tous les autres sommets du polygone régulier, qui se trouve alors inscrit dans le cercle.

Si du centre du cercle, qu'on nomme aussi centre du po-

lygone, on mène une perpendiculaire sur le milieu d'un des côtés et que l'on trace un nouveau cercle ayant pour rayon cette perpendiculaire, le nouveau cercle touchera les milieux de tous les côtés du polygone qui sera circonscrit au nouveau cercle.

Un polygone est donc inscriptible et circonscriptible. Les droites menées du centre d'un polygone à ses sommets en sont les rayons, et celles qui vont du centre au milieu des côtés en sont les apothèmes.

L'angle formé par deux rayons consécutifs est l'*angle au centre du polygone*; sa valeur s'obtient en divisant 360° par le nombre des côtés. Dans le triangle il faut donc $\frac{360^\circ}{3}$ ou 120; dans le carré, $\frac{360^\circ}{4}$ ou 90°; dans le pentagone, $\frac{360^\circ}{5}$ ou 72°; dans l'hexagone, $\frac{360^\circ}{6}$ ou 60, etc.

§ 2. MESURE ET COMPARAISON DES LIGNES ET DES SURFACES.

Mesurer une surface, c'est chercher combien de fois elle contient le carré de l'une des lignes qui servent à mesurer les longueurs : le résultat de l'opération est ce que l'on appelle l'*aire* de la figure mesurée.

L'aire d'un rectangle s'obtient en multipliant le nombre qui mesure la base, par le nombre qui mesure la hauteur.

Exemple : La base = 341 centimètres;
La hauteur = 228 centimètres.

L'aire ou la surface = 341 × 228 ou 77748 centimètres carrés ou encore 7 mètres, 77 décimètres, 48 centimètres carrés; puisque les mesures carrées sont de 100 en 100 fois plus grandes ou plus petites, selon la manière dont on les compare.

L'aire d'un carré est égale à la deuxième puissance, ou, comme on dit aussi, un carré du nombre qui mesure un de ses côtés.

Exemple : Le côté d'un carré = 54 décimètres; l'aire du carré, sa surface = $(54)^2$ ou 54 × 54 ou 2916 décimètres carrés; c'est-à-dire 29 mètres carrés, 16 décimètres carrés.

L'aire d'un parallélogramme s'obtient en multipliant le nombre qui mesure sa base, par celui qui mesure la perpendiculaire qu'on appelle hauteur.

Soit la base B = $4^m.5$ et la hauteur H = 2.3; l'aire = B

$\times$ H, c'est-à-dire 4.5 $\times$ 2.3 ou 10^{m}.35, autrement dit 10 mètres carrés, 35 décimètres carrés, et non centimètres carrés ; si l'on a bien compris l'observation précédemment faite, que les subdivisions du mètre carré sont de 100 en 100 fois plus petites.

L'aire d'un triangle s'obtient en prenant la moitié du produit des nombres qui mesurent la base et la hauteur.

Exemple : B = 13 mètres ; A = 5 mètres ; l'aire A $= \frac{13 \times 5}{2} = 32^{m}.5$, c'est-à-dire 32 mètres carrés 50 décimètres carrés.

L'aire d'un trapèze s'obtient en multipliant la demi-somme des nombres mesurant les deux bases, par le nombre qui mesure la hauteur.

Soit la grande base B = 12 mètres ; la petite base b = 8 mètres, et la hauteur H = 7 ; l'aire A $= \frac{B+b}{2} \times H$ ou $\frac{12+8}{2} \times 7 = 70$; le trapèze contient donc 70 mètres carrés.

L'aire d'un polygone s'obtient en le décomposant en triangle que l'on additionne ; ou bien encore en tirant une diagonale d'un sommet au sommet le plus éloigné, et en abaissant sur cette ligne, une perpendiculaire de chacun des autres sommets B, C, D, F, G (fig. 19). On multiplie alors, pour chaque parcelle de la figure, la demi-somme des perpendiculaires par leur écartement ; de cette manière on a :

Pour la parcelle II, l'aire $= \frac{Bb + Cc}{2} \times bc$;

Pour la parcelle III, l'aire $= \frac{Cc + Dd}{2} \times cd$;

Pour la parcelle VI, l'aire $= \frac{Gg + Ff}{2} \times gl$.

Pour les parcelles I, IV, V, VII, il faut regarder comme nulles les perpendiculaires abaissées de A et de E sur AG ; alors on a pour ces parcelles triangulaires :

L'aire de la parcelle I $= \frac{o + Bb}{2} \times Ab$;

L'aire de la parcelle IV $= \frac{Dd + o}{2} \times dE$;

et de même pour les deux autres.

2° Le carré du nombre qui mesure la perpendiculaire est égal au produit des nombres qui mesurent les deux segments bo et co, c'est-à-dire que $\overline{ao}^2 = bo \times co$. Si $bo = 7$ mètres, que co égalât 13 mètres, on trouverait que $\overline{ao}^2 = 7 \times 13$ ou 91; d'où $ao = \sqrt{91} = 9.59$, c'est-à-dire 9 mètres 59 centimètres, approximativement.

3° Chaque carré d'un des côtés de l'angle droit est égal au produit de l'hypothénuse multipliée par le segment adjacent au côté que l'on considère. On a donc ici $\overline{ab}^2 = bc \times bo$ et $\overline{ac}^2 = bc \times co$, ou en mettant les nombres : $\overline{ab}^2 = 20 \times 7 = 140$, puis $\overline{ac}^2 = 20 \times 13 = 260$; de là $ab = \sqrt{140}$ et $ac = \sqrt{260}$, quantités bien faciles à calculer.

4° Et ceci est beaucoup plus important. Le carré fait sur le nombre qui mesure l'hypothénuse est égal à la somme des carrés des deux nombres qui servent de mesure aux côtés de l'angle droit. On a donc ici $\overline{ab}^2 + \overline{ac}^2 = \overline{bc}^2$, d'où $\overline{ab}^2 = \overline{bc}^2 - \overline{ac}^2$ et aussi $\overline{ac}^2 = \overline{bc}^2 - \overline{ab}^2$; ce qui prouve que quand on connaît deux des trois côtés d'un triangle rectangle, on peut aisément trouver le troisième, quand on sait extraire une racine carrée.

Lorsque l'un des côtés d'un triangle est aigu, le carré du côté opposé s'obtient en ôtant de la somme des carrés des côtés de l'angle deux fois le produit de l'un de ses côtés par la projection de l'autre sur lui. Si l'angle était obtus, ce double produit, au lieu d'être retranché, devrait être ajouté à la somme des deux carrés de l'angle obtus.

Deux polygones formés d'un même nombre de triangles semblables et disposés de même sont deux polygones semblables.

Les polygones semblables ont leurs périmètres proportionnels à leurs côtés : ceux qui sont réguliers ont leurs périmètres proportionnels à leurs rayons. Les circonférences des cercles sont aussi dans le même rapport que leurs rayons ou que leurs diamètres.

Les rectangles, ou parallélogrammes de même base sont comme leurs hauteurs : ceux de même hauteur sont comme leurs bases. Deux triangles qui seraient dans ces deux mêmes cas jouissent des mêmes propriétés.

Toutes les figures semblables ont leurs aires comme les carrés des nombres qui mesurent leurs lignes homologues.

Quand deux cordes se coupent dans un cercle, le produit

des segments de l'une est égal au produit des segments de l'autre.

Si d'un point pris hors d'un cercle, on mène une tangente et une sécante quelconque, le produit de la sécante par sa partie hors du cercle est invariablement égal au carré de la tangente.

De l'avant-dernière propriété résulte enfin que le carré de toute perpendiculaire MP (fig. 22) comprise entre un diamètre AB et l'un ou l'autre des deux points correspondants M ou M' de la circonférence, est toujours égal au produit des deux segments du diamètre; car, puisque $MP = M'P$ et que $MP \times M'P = AP \times PB$, on voit que $\overline{MP}^2 = AP \times PB$; ce qu'il fallait démontrer. Ceci est une des propriétés caractéristiques du cercle, qu'il est bon de ne pas oublier.

§ 3. LIGNES ET PLANS DANS L'ESPACE.

L'intersection de deux plans est toujours une ligne droite : car dès que deux plans ont trois points communs, non en ligne droite, ils coïncident ou se confondent dans toute leur étendue : trois points non en ligne droite, ou deux droites qui se coupent, ou deux droites qui sont parallèles déterminent donc la position d'un plan.

Une droite qui tombe sur un plan et qui est perpendiculaire à deux droites, passant par son pied dans le plan, est perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire qu'elle est perpendiculaire à toute droite qui passe par son pied dans le plan.

Une ligne est parallèle à un plan quand elle ne peut jamais rencontrer le plan, à quelque distance qu'on les prolonge, elle et lui. Toute droite qui est parallèle à une droite située dans un plan est parallèle à ce plan.

Quand d'un point pris hors d'un plan, on mène à ce plan une perpendiculaire et des obliques, cette perpendiculaire est plus courte que chacune des obliques; les obliques dont les pieds sont à des distances égales du pied de la perpendiculaire, sont égales entre elles, et, de deux obliques inégalement éloignées à leurs pieds du pied de la perpendiculaire, celle-là est la plus longue qui s'en écarte le plus.

La perpendiculaire élevée au centre d'un cercle, sur le plan de cette figure, a chacun de ses points à une distance égale de tous les points de la circonférence; c'est ce que l'on appelle l'axe du cercle.

Si par le pied B d'une droite AB (fig. 23) perpendiculaire à un plan MN, on mène une perpendiculaire BO, sur une

droite CD tracée dans le plan, et que l'on joigne le point O avec le point A, ou avec tout autre point de la droite AB, cette droite A O est perpendiculaire à la droite C D, qui elle-même est perpendiculaire au plan du triangle ABO.

Cette proposition sert à prouver que, quand deux droites sont parallèles, tout plan perpendiculaire à l'une est perpendiculaire à l'autre ; que deux droites perpendiculaires à un même plan sont parallèles, et enfin, que deux droites parallèles à une troisième, sont parallèles entre elles.

Deux plans sont dits parallèles quand ils ne peuvent se rencontrer à quelque distance qu'on les prolonge. Pour que deux plans soient parallèles, il suffit qu'ils soient perpendiculaires à une même droite.

Quand deux plans sont parallèles, toute droite perpendiculaire à l'un est perpendiculaire à l'autre, et s'ils sont rencontrés par un troisième plan, leurs intersections avec celui-ci sont des droites parallèles.

Deux droites parallèles, comprises entre deux plans parallèles, sont toujours égales. Si deux angles ont leurs côtés respectivement parallèles, ils sont égaux ou supplémentaires et leurs plans sont parallèles entre eux ; il en est de même de ceux des triangles égaux qui sont déterminés par les extrémités supérieures et inférieures de trois lignes égales et parallèles.

Angles polyèdres.

On appelle angle dièdre, l'inclinaison de deux plans. Tout angle dièdre est mesuré par l'angle que forment entre elles deux droites menées dans chacun des plans nommés faces du dièdre, perpendiculairement à leur intersection et en un même point de cette ligne, qui est ce que l'on appelle l'arête du dièdre. Quand l'angle de ces lignes est droit, le dièdre est également droit, et les deux plans sont dits perpendiculaires l'un à l'autre.

Deux plans qui se traversent mutuellement offrent les mêmes propriétés que deux lignes qui se coupent ; et deux plans parallèles, coupés par un troisième plan, ont pareillement toutes les propriétés de deux droites parallèles coupées par une transversale.

Pour que deux plans soient perpendiculaires, il suffit que l'un d'eux contienne une perpendiculaire à l'autre.

Si deux plans qui se coupent sont perpendiculaires à un troisième, celui-ci est perpendiculaire à l'intersection des deux autres.

On appelle angle solide ou angle polyèdre, l'espace indé-

lui compris entre plusieurs plans, qui se réunissent en un point, qui est le sommet de l'angle solide. Les intersections des plans d'un angle solide en sont les arêtes, et les angles des arêtes en sont les faces. Un angle solide à trois faces s'appelle angle trièdre. Dans tout angle solide à trois faces, chacun des angles appelé face est moindre que la somme des deux autres.

Deux angles trièdres qui ont les mêmes faces, ont leurs plans homologues également inclinés.

La somme des faces ou des angles plans d'un angle solide quelconque est toujours moindre que 360°, ou 4 droits.

Si l'on prolonge au-delà du sommet toutes les arêtes d'un angle solide, ces droites prolongées forment un second angle solide, qui ne diffère du premier que par l'ordre inverse de ses faces; c'est ce que l'on appelle un angle symétrique du premier.

Le charpentier qui veut se faire une idée juste des opérations graphiques qui servent de base à la disposition et à la coupe des bois, doit avoir au moins la connaissance parfaite de la véritable signification de toutes les propositions rappelées ci-dessus à ceux qui possèdent déjà bien leurs éléments de géométrie.

4. DES POLYÈDRES OU DES CORPS TERMINÉS PAR DES PLANS; PROPRIÉTÉS PRINCIPALES DES PLUS EMPLOYÉS D'ENTRE EUX.

Un espace fermé en tous sens par plusieurs plans se nomme un polyèdre. Le polyèdre qui a le moins de faces en a quatre : on l'appelle tétraèdre.

On appelle prisme un polyèdre P (fig 24) compris entre deux faces ABCDE, FGHIK qui sont opposées, égales et parallèles. Ces deux faces sont les bases du prisme qui prend la qualification de triangulaire, quadrangulaire, pentagonal, etc., selon que ces bases se nomment elles-mêmes triangles, quadrilatères, pentagones.

Un prisme Q (fig. 25) dont les bases sont des parallélogrammes est un parallélipipède, qu'on appelle parallélipipède rectangle, quand toutes les faces sont des rectangles, et cube, quand toutes les faces sont des carrés. Une poutre ordinaire est un parallélipipède rectangle dont la longueur dépasse de beaucoup les deux autres dimensions.

Un parallélipipède ou prisme s'appelle droit, quand ses arêtes sont perpendiculaires aux plans des bases. La hauteur du parallélipipède ou du prisme peut alors se mesurer par une de ses arêtes latérales. Quand le prisme ou parallèli-

pipède est oblique, il faut, pour avoir la hauteur, mener de l'un des points de la face supérieure une perpendiculaire sur la base parallèle.

Dans un parallélipipède quelconque, les faces opposées sont égales et parallèles; les diagonales ont toutes leur milieu au même point; les angles solides opposés sont symétriques l'un de l'autre, et le plan ABCD ou tout autre qui serait mené par deux arêtes opposées, divise la figure en deux prismes triangulaires qui sont équivalents, quoique les faces de l'un soient disposées dans un ordre inverse des faces de l'autre.

Tout corps SABCD (fig. 26) dont une des faces est un polygone quelconque et dont toutes les autres sont des triangles ayant leur sommet au même point, est une pyramide. Le tétraèdre est donc une pyramide triangulaire. Les pyramides sont quadrangulaires ou polygonales, selon que leurs bases sont des quadrangulaires ou des polygones. La perpendiculaire SO menée du sommet sur le plan de la base ou son prolongement, est ce que l'on appelle la hauteur.

Quand la base d'une pyramide est un polygone régulier et que la hauteur tombe au centre, les arêtes latérales sont égales, les triangles qui forment la surface convexe sont égaux et isocèles, et la pyramide s'appelle pyramide régulière.

Une pyramide est déterminée quand on connait sa base, une face latérale et l'inclinaison de cette face sur le plan de cette face.

Un prisme ou parallélipipède est déterminé dans le même cas.

Un parallélipipède est encore déterminé quand on connait les longueurs et les directions des trois arêtes qui aboutissent à un même sommet.

Toute section *abcde* (fig. 24) faite dans un prisme par un plan parallèle à la base est un polygone égal à cette base.

Dans une pyramide SABCD (fig. 26), la section *abcd* parallèle à la base ABCD, est un polygone semblable à la base, et le plan de ce polygone divise les arêtes latérales ainsi que la hauteur en parties proportionnelles, c'est-à-dire que $\frac{Sa}{Ab}$, $\frac{Sb}{bB}$, $\frac{Sc}{cC}$ et $\frac{Sd}{dD}$ sont des rapports égaux : il en est de même des rapports $\frac{Sa}{SA}$, $\frac{Sb}{SB}$, $\frac{Sc}{SC}$ et $\frac{Sd}{SD}$.

Le polyèdre *abcd* ABCD compris entre le plan sécant et la base, est ce que l'on appelle un tronc de pyramide à bases parallèles ou une pyramide tronquée.

§ 5. CORPS RONDS ÉLÉMENTAIRES.

La *sphère* est un solide dans l'intérieur duquel se trouve un point O (fig. 27), qui est à une distance égale de tous les points de la surface : on l'appelle centre de la sphère. Toute droite OA, allant du centre de la sphère à un point de sa surface, est un rayon. Toute droite AB qui a ses extrémités sur la surface est une corde. Toute corde CD qui passe par le centre, est un diamètre. Tous les diamètres sont égaux et doubles du rayon. Toute section CDE faite dans la sphère au moyen d'un plan qui passe par le centre est un grand cercle de même rayon que la sphère. Toute section faite par un plan qui ne passe pas par le centre est un petit cercle, dont le rayon est d'autant plus petit que le plan sécant est à une distance plus grande du centre de la sphère.

Le diamètre HK, qui est perpendiculaire au plan d'un grand cercle CDE, en est ce que l'on appelle l'axe. L'axe d'un grand cercle CDE est aussi l'axe de tout petit cercle CFB qui est parallèle au grand cercle.

Les extrémités du diamètre qui est l'axe d'un cercle grand ou petit, sont les deux *pôles* de ce cercle. Tous les points d'un cercle sur la sphère sont à une égale distance de chacun de ses pôles : aussi se sert-on du pôle d'un cercle comme centre, quand on veut tracer un cercle sur une sphère.

L'angle BAC (fig. 28) de deux arcs de grands cercles AB, AC, qui se rencontrent en A sur une sphère, est l'angle DAE des tangentes menées en A aux deux arcs AB et AC, et, si sur les deux arcs on prend chacun des arcs AB et AC égal à un quart de circonférence, l'arc BC, qui est la mesure de l'angle des rayons OB et OC, sera aussi la mesure de l'angle curviligne BAC.

On appelle *fuseau*, la partie ABFCA de la surface d'une sphère qui se trouve comprise entre deux demi-circonférences de grands cercles terminées aux extrémités d'un diamètre AF. L'angle d'un fuseau est l'angle des arcs qui le terminent. Le rapport d'un fuseau à la surface de la sphère est donné par le rapport de son angle à 4 droits.

On nomme *onglet sphérique*, la partie de la sphère qui est comprise entre deux demi-grands cercles et le fuseau qu'ils déterminent. Le rapport d'un onglet au volume entier de la sphère est donné par le rapport de l'angle du fuseau à 4 droits, ou encore par le rapport de l'arc BC à la circonférence dont cet arc fait partie.

On appelle *zône*, la partie de surface d'une sphère (fig. 27)

comprise entre deux plans parallèles CED, AFB qui la terminent. Quand l'un des plans est tangent à la sphère, la zône n'a qu'une base et se nomme *calotte sphérique*.

On nomme *segment sphérique*, la partie de sphère comprise entre deux plans parallèles et la zône qu'ils déterminent. Les plans parallèles sont les deux bases du segment. Lorsqu'un des plans est tangent à la sphère, le segment n'a qu'une base.

La hauteur d'une zône ou d'un segment est la distance O (fig. 27) des deux plans parallèles qui déterminent la zône ou le segment.

Tout plan perpendiculaire à l'extrémité de l'un des rayons d'une sphère est tangent à cette sphère,

Quand deux sphères se coupent, l'intersection de leurs surfaces est une circonférence, dont le plan est perpendiculaire à la ligne des centres qui est l'axe indéfini de la section.

Du cylindre. — Le cylindre est le solide engendré par un rectangle ABCD (fig 29) qui fait une révolution entière autour de l'un de ces côtés. Le côté immobile AB est l'axe du cylindre. Les bases du cylindre sont les cercles parallèles décrits par les côtés AD, BC, qui sont perpendiculaires à l'axe. Le quatrième côté DC, qui tourne autour de l'axe, est la génératrice de la surface latérale du cylindre. L'axe du cylindre en est la hauteur. Le cylindre doit être regardé comme un prisme droit à base ronde.

On donne en général le nom de *surface cylindrique* à toute surface qu'engendrerait une génératrice indéfinie qui se mouvrait en restant parallèle à sa position primitive, tout en passant successivement par les différents points d'une ligne quelconque qui en dirigerait le mouvement, et que, pour cela, on appelle directrice.

Du cône. — Le cône est un solide engendré par un triangle rectangle BSC qui fait une révolution entière autour de l'un de ses côtés droits. Le côté immobile est l'axe du cône ou sa hauteur. Le cercle engendré par BC est la base du cône, et la surface engendrée par l'hypothénuse SC est la surface latérale du cône ayant cette hypothénuse pour génératrice. Le cône doit être regardé comme une pyramide régulière à base ronde.

On donne en général le nom de *surface conique* à toute surface engendrée par une droite indéfinie qui tourne autour d'un point fixe S, en s'appuyant constamment sur une directrice quelconque. Les surfaces coniques, ainsi considérées, ont deux parties que l'on appelle nappes et qui sont symétriques par rapport au point S, centre des deux nappes

Pour qu'un plan soit tangent à un cylindre A B C D (fig. 29), il faut qu'il contienne une génératrice E G ainsi que la tangente M N menée à la base du corps par le point E pied de cette génératrice. Pour qu'un plan soit tangent à un cône SBC (fig. 30), il faut pareillement qu'il contienne à la fois une génératrice SE, ainsi que la droite MN menée, tangentiellement à la base, par le point E où cette base est rencontrée par la génératrice du contact.

Le cylindre et le cône sont deux solides de révolution. La sphère en est un troisième; car on ne peut la supposer engendrée par un demi-cercle qui aurait fait une révolution entière autour de son diamètre comme axe.

§ 6. MESURE ET COMPARAISON DES CORPS.

Mesurer un corps, c'est chercher combien de fois son étendue contient l'étendue du cube construit sur une arête égale à l'unité linéaire employée. Le résultat de l'opération est le *volume* du corps. Si, par exemple, un corps contient 12 fois la dixième partie d'un mètre cube, le volume de ce corps sera exprimé par $\frac{12}{10}$ ou 1, 2, c'est-à-dire que le corps en question contient un mètre cube, plus 2 dixièmes de ce cube, et comme chaque mètre cube vaut 1000 décimètres cubes, on pourra dire que le corps mesuré a un volume de 1200 décimètres cubes, si l'on veut exprimer tout en unités de la même espèce.

Quand le corps à mesurer est un parallélipipède rectangle, ce qui est le cas le plus ordinaire, on obtient directement son volume en faisant le produit de ses trois dimensions. Quand le parallélipipède n'est pas rectangle, on cherche l'aire de la base et l'on multiplie le nombre trouvé par la hauteur du parallélipipède. Soit l'une des dimensions de la base $= 2^m.04$; la seconde dimension $= 2$ mètres, et la hauteur du corps $= 7^m.6$, on aura pour l'aire A :

$$A = 2{,}04 \times 2 = 4.08,$$

et par suite on aura pour le volume V :

$$V = 4{,}08 \times 7.6 = 31.008,$$

c'est-à-dire 31 mètres cubes, 8 décimètres cubes.

Tous les prismes se mesurent comme les parallélipipèdes, de sorte que V étant le volume d'un prisme, A l'aire de la base, et H la hauteur, on a toujours :

$$V = B \times H.$$

On peut prendre aussi pour mesure d'un parallélipipède ou d'un prisme, le produit d'une arête par la surface de la *section droite* : on appelle ainsi la section faite perpendiculairement à la direction des arêtes latérales.

Une pyramide quelconque a pour mesure le tiers du produit de sa base par sa hauteur.

Un prisme triangulaire tronqué a pour mesure le produit de sa section droite par le tiers de la somme des trois arêtes latérales.

Un parallélipipède tronqué a pour mesure le produit de sa section droite par le quart de la somme de ses quatre arêtes latérales.

Quand une pyramide tronquée T a sa section b parallèle à sa base B, si on appelle H la hauteur du tronc, on a le volume T par la formule

$$T = \frac{H \times (B + b + \sqrt{B \times b})}{3}$$

cela tient à ce qu'un tronc de pyramide à bases parallèles équivaut toujours à trois pyramides de même hauteur que le tronc, et dont les bases seraient : la base inférieure B, la base supérieure b, et une base moyenne géométrique $\sqrt{B \times b}$ entre les deux bases du tronc.

Les pyramides, prismes ou parallélipipèdes de même base, sont comme leurs hauteurs.

Les pyramides, prismes ou parallélipipèdes de même hauteur, sont comme leurs bases.

Les corps semblables, c'est-à-dire ceux qui ont toutes leurs faces semblables et pareillement inclinées deux à deux, ont leurs volumes dans le rapport des cubes de leurs arêtes homologues. Leurs faces homologues sont seulement comme les carrés des mêmes arêtes.

Les corps qui ne sont ni des pyramides, ni des prismes, se décomposent en pyramides, ou prismes tronqués, que l'on mesure isolément et que l'on additionne.

§ 7. SURFACES ET VOLUMES DES TROIS CORPS RONDS.

La surface convexe d'un cylindre est mesurée par la formule $S = 2\pi R \times G$, parce qu'elle équivaut à un rectangle ayant pour hauteur la génératrice G et pour base la longueur de la circonférence $2\pi R$ qui sert de base au corps.

La surface convexe d'un cône est mesurée par la formule

$S = \frac{2\pi R \times G}{2}$, ou mieux $S = \pi R \times G$, parce que cette surface équivaut à un secteur dont le rayon serait G et dont l'arc vaudrait $2\pi R$.

La surface de la sphère est mesurée par la formule $S = 4\pi R^2$, parce qu'elle équivaut à 4 cercles de même diamètre.

Le volume d'un cylindre est exprimé par la formule $V = \pi R^2 \times H$ qui donne le produit de la base par la hauteur.

Le volume d'un cône considéré comme pyramide est donné par la formule $V = \frac{\pi R^2 \times H}{3}$.

Si le cône est tronqué, $V = \frac{\pi H (R^2 + r^2 + R \times r)}{3}$.

Le volume de la sphère est le produit de la surface multipliée par le tiers du rayon. On peut donc employer la formule $V = \frac{4\pi R^3}{3}$, ou mieux $V = \frac{1}{6}$ de πD^3, la lettre D représentant le diamètre.

Une zône a pour mesure sa hauteur multipliée par la circonférence de l'un des grands cercles de la sphère dont elle fait partie.

Un segment de sphère a pour mesure sa hauteur multipliée par la demi-somme de ses bases, plus le volume d'une sphère dont le diamètre serait égal à la hauteur du segment

$$V = \frac{\pi R^2 + \pi r^2}{2} \times H + \frac{1}{6} \pi H^3.$$

§ 8. OPÉRATIONS GRAPHIQUES.

Lorsqu'il s'agit de tracer une épure qui doit servir à la confection d'un ouvrage de charpenterie, on ne saurait donner trop d'exactitude à l'épure destinée à la confection des pièces qui devront être réunies et concourir à la formation d'un tout régulier. Les méthodes géométriques indispensables pour arriver à ce but, peuvent se résumer dans les constructions suivantes.

Tracer une ligne droite. — Pour tirer une ligne droite, on se sert d'une règle sur le bord de laquelle on fait glisser un crayon, une plume ou un tire-ligne, etc. L'instrument doit suivre le bord de la règle sans en être écarté ; car, dans le cas contraire, la ligne serait tortueuse et tremblée.

On peut s'assurer de l'exactitude d'une règle, en traçant

employer, surtout quand on a beaucoup de parallèles à mener à la même droite.

La pratique apprendra comment il faut poser les doigts de la main gauche sur la règle et sur l'équerre, pour tenir la règle fixe et faire glisser l'équerre à volonté.

Nous croyons devoir remarquer ici qu'on ne doit jamais se servir de l'équerre pour élever des perpendiculaires, comme on a souvent la négligence de le faire : il est vrai que ce moyen est expéditif, mais il est très-rare qu'il soit juste ; d'ailleurs les opérations graphiques de la perpendiculaire sont si promptes, qu'il n'y a que la paresse qui puisse s'en dispenser, quand le dessin demande un peu de précision.

On donne souvent à l'équerre la forme d'un triangle isoscèle de manière que le grand côté oblique sur celui de l'angle droit, fasse un angle juste de 45 degrés ; et comme il est d'usage, dans les dessins graphiques, de supposer la direction des ombres à 45 degrés, cette équerre sert à mener les parallèles qui déterminent les ombres ; l'équerre isoscèle donne ainsi à la fois par ses trois côtés, l'horizontale, la verticale et l'oblique de 45 degrés.

Diviser une ligne en parties égales. — Si la ligne a une longueur connue, 25 centimètres par exemple, et qu'on ait à la diviser en cinq parties égales, le cinquième de 25 étant 5, on prendra sur le double décimètre, une ouverture de compas de 5 centimètres et l'on portera cette ouverture de compas 5 fois sur la ligne que l'on veut diviser : les points qui en résulteront marqueront la division cherchée. Si une ligne de 42 centimètres de longueur doit être divisée en 30, c'est-à-dire en 5 fois 6 parties égales, on commencera par prendre sur le double décimètre, une ouverture de compas de 7 centimètres qui divisera la ligne en 6 parties ; il ne restera plus qu'à diviser chacune de ces parties en 5. Mais alors comme le cinquième de 7 centimètres n'est pas une quantité entière, on est obligé de recourir à des divisions plus petites ; 7 centimètres valent 70 millimètres dont le cinquième est 14 millimètres. Ainsi on prendra sur la règle une ouverture de 14 millimètres qui sera le cinquième demandé ou le trentième de la ligne proposée.

La division géométrique d'une ligne AB en cinq parties égales s'exécute par le procédé suivant (fig. 35) : par l'extrémité A, on tirera une ligne indéfinie AX dans une direction *prise à volonté* sur laquelle on portera cinq parties égales quelconques grandes ou petites ; on aura ainsi les points de division 1, 2, 3, 4 et 5. Joignant le point C avec l'extrémité B, puis menant par tous les autres points des parallèles à

CB, ces droites couperont AB en 5 parties égales. On peut encore (fig. 36), pour diviser la ligne AB en 10 parties égales, par exemple, tirer par les extrémités A et B les parallèles indéfinies AC, BD, puis, avec une ouverture de compas toujours la même, marquer les deux séries de points 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, et 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, et joindre les points porteurs des mêmes numéros par des droites, la ligne AB sera divisée par ces droites en 10 parties égales.

On a recours à ce moyen, lorsqu'on n'a pas d'équerre, mais comme l'opération qu'il exige est longue et quelquefois embarrassante, il est peu employé par celui qui a l'habitude du compas ; car, en ouvrant cet instrument d'une quantité qu'il juge à l'œil être la fraction demandée, et portant plusieurs fois successivement cette mesure, il arrive promptement, en la diminuant ou en l'augmentant, à obtenir l'ouverture convenable.

Il faut en général éviter de vouloir du premier coup diviser une ligne en un trop grand nombre de parties. On obtiendra un résultat plus exact et une perte de temps moins grande en opérant par subdivisions, quand cela sera possible, c'est-à-dire quand le nombre de parties égales demandé sera le produit de la multiplication de deux autres. Par exemple, pour partager une ligne en vingt-huit parties, comme 28 est deux fois 14 ou deux fois 7 multipliés par 2, on la divisera en deux parties et chacune d'elles en sept parties ; puis enfin, chacune de ces quatorze parties en deux.

Diviser un arc en deux parties égales. — Des extrémités de l'arc comme centres, et avec un rayon indéterminé, tracez deux arcs de cercle qui se coupent en deux points ; la droite qui joindra ces deux points divisera l'arc en deux parties égales.

Diviser un angle en deux parties égales. — Du sommet comme centre avec un rayon quelconque, décrivez un arc entre les côtés ; puis faites comme si vous aviez à diviser cet arc en deux parties égales ; car la droite qui le divisera ainsi divisera pareillement l'angle en deux parties égales.

Faire un arc double d'un arc donné. — Deux arcs décrits avec le même rayon étant égaux, lorsqu'ils ont leurs cordes égales, si l'on porte la corde d'un arc deux fois de suite sur un arc indéfini appartenant à un cercle de même rayon, on aura un arc double du premier. Ce procédé sert à faire un arc triple, quadruple, quintuple, etc., d'un arc donné.

Faire un angle double, triple, quadruple, etc., d'un angle donné. — Pour obtenir cet angle, il suffit de tracer un cercle dont le sommet de l'angle soit le centre, et de prendre un

arc double de celui qu'embrasse l'angle donné. On obtient de même un angle triple, quadruple, etc., d'un angle donné. C'est ainsi (fig. 27) qu'on obtiendrait l'angle COB double de AOB. Pour avoir un angle C'A'B' (fig. 38) égal à COB (fig. 37), du point O', sommet futur de l'angle, tracez un arc indéfini avec un rayon égal à celui de l'arc *mn*; prenez l'arc *m'n'* égal à *mn* et tirez les rayons O'*m'*C' et O'*n'*B', et l'angle de la figure 38 sera égal à celui de la figure 37.

Faire passer une circonférence par trois points donnés. — Soient les points A, B, C (fig. 39), Il faut tirer les lignes droites AB, BC et sur les milieux de ces lignes, élever les perpendiculaires DE et FG; le point H où elles se couperont sera le centre du cercle demandé, car les distances de ce point H aux points donnés A, B, C étant égales entre elles, chacune d'elles pourra être prise pour le rayon de la circonférence. La même opération sert aussi à circonscrire un cercle à un triangle, ou même à un polygone régulier quelconque.

On peut trouver par le même moyen le centre d'un arc donné : il faut y marquer trois points et se proposer de tracer la circonférence qui les unit.

Mener une tangente à un cercle par un point donné. — Lorsque le point donné est sur la circonférence, joignez le centre au point donné, et menez une perpendiculaire à l'extrémité du rayon que vous venez de mener au point de contact.

Lorsque le point donné A (fig. 40) est situé hors du cercle, il faut du point A comme centre tracer un arc indéfini OX passant par le centre O; puis porter sur cet arc une corde OB égale au diamètre du cercle donné : cette corde coupera la circonférence en un point C qui sera le milieu de la corde et le point de contact de la tangente qu'on obtiendra en tirant la ligne indéfinie ACD.

On aurait pu mener une autre tangente de l'autre côté du point O.

Reproduction, réduction et amplification des figures.

Si l'on a bien compris les notions de géométrie qui précèdent, on doit pressentir qu'un tracé rectiligne n'est exactement reproduit que quand chacune des lignes de la copie correspond à une ligne égale sur le modèle, et qu'en même temps, les lignes successives de la copie font entre elles des angles égaux à ceux que font sur le modèle les lignes qui leur correspondent. Par exemple, pour que le quadrilatère A'B'C'D' (fig. 42) soit la reproduction fidèle du quadrila

tère ABCD (fig. 41), il faut que les droites A'B', B'C', C'D', D'A' soient respectivement égales aux droites AB, BC, CD, DA, et qu'en même temps, les différents angles A', B', C', D' soient respectivement égaux aux angles A, B, C, D formés par les droites correspondantes ou homologues, comme on les appelle aussi quelquefois.

La reproduction exacte des lignes successives ne présente aucune difficulté : celle des angles n'en présente pas plus, quand on sait se servir du rapporteur ou que l'on a fait attention à ce que nous venons de dire tout récemment sur la manière de faire un angle égal à un autre ; mais il existe un autre moyen plus rapide et qui donne des résultats plus satisfaisants.

Supposons que la figure à copier soit un triangle ABC (fig. 41). Prenez d'abord B'C' (fig. 42) égale à BC (fig. 41) ; puis, du point B' comme centre, avec un rayon égal à BA, tracez convenablement un premier petit arc. Du point C' comme centre, avec un rayon égal à C'A', tracez un nouveau petit arc qui coupera le premier au point A'. Tirez enfin A'B', ainsi que A'C' et vous aurez dans A'B'C' la reproduction du triangle ABC.

Faire un polygone qui soit égal à un autre. — Pour faire un polygone qui soit égal au polygone ABCD (fig. 41), décomposez ce polygone en triangles, et prenez B'C' (fig. 42) égale à BC (fig. 41) ; puis, après avoir fait le triangle A'B'C' égal à ABC, faites sur A'C' un triangle égal à A'C'D'.

Si le polygone contenait plus de deux triangles, l'opération serait plus longue, mais ne serait pas plus difficile.

Il est bon de remarquer qu'il est parfaitement inutile de tracer réellement les diagonales, tant sur le modèle que sur la copie ; mais il faut opérer comme si elles existaient sur le modele.

Autre procédé applicable aux figures curvilignes. — Quand la figure à copier se termine par une ligne courbe ou par une ligne polygonale compliquée de côtés nombreux et d'angles, tantôt saillants, tantôt rentrants, voici comment il convient d'opérer. Des points *a, b, c, d, ... i, k, l* (fig. 43), qui seront les sommets de la ligne polygonale, ou si on l'aime mieux, des points suffisamment nombreux et convenablement choisis pour déterminer complètement la figure, on abaisse sur une droite OX, prise pour base des perpendiculaires *a*1, *b*2 *c*3,... *k*10, *l*11 ; puis ayant tracé pour la copie une nouvelle ligne, que nous appellerons OX' on porte sur cette ligne, à partir de O', des lignes O'1, O'2, O'3, etc., respectivement égales aux distances O1, O2, O3, qui sont ce

que l'on appelle les *abscisses* des points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., du modèle. Ensuite, ayant élevé une perpendiculaire à chacun des points 1, 2, 3,... 10, 11, de l'axe, on donne sur la copie, aux perpendiculaires successives, des longueurs respectivement égales aux droites 1*a*, 2*b*, 3*c*, etc., qui sont ce que l'on appelle les *ordonnées* déterminantes des points *a*, *b*, *c*, ... *i*, *k*, *l*. On joint enfin tous ces points par des droites ou par une courbe continue, suivant la nature du modèle, et l'on a évidemment une reproduction d'autant plus fidèle qu'on aura employé un plus grand nombre de points dans sa construction.

Renversement et réduction des figures. — Deux figures dites inverses ou renversées, ne différant de deux figures égales que par la disposition contraire des angles et des côtés successifs, on doit comprendre que les procédés employés pour l'imitation parfaite des figures, pourront être employés de même pour leur renversement.

On doit comprendre aussi que la réduction des figures et leur agrandissement proportionnel, autrement dit amplification, s'exécuteront par des moyens analogues, quand on connaîtra un procédé géométrique, soit pour réduire, soit pour augmenter, dans un rapport toujours le même, les droites diverses qui se trouvent sur le modèle qu'il s'agit de réduire ou d'augmenter.

Construction d'un angle de réduction. — Supposons qu'ayant une figure à réduire, on veuille que la ligne AB (fig. 44) se réduisant à BC, toutes les autres droites de la figure donnée soient réduites dans le même rapport.

Du point A, comme centre, avec AB pour rayon, décrivez un arc de cercle; du point B, comme centre, avec BC pour rayon, décrivez un second arc de cercle, et joignez le point A au point D, où les deux arcs de cercle se seront rencontrés, vous aurez ainsi l'angle DAB qui sera votre angle de réduction.

Cela posé, supposons qu'on veuille réduire, dans le rapport de AB à BC, une ligne égale à A*n*. Du point A comme centre avec A*n* pour rayon, décrivez un arc de cercle qui coupera les deux côtés de l'angle DAB en deux points *n* et *m* : leur distance prise au compas sera la valeur de la droite A*n* réduite dans le rapport de AB à BC.

Levé d'un terrain. Un charpentier a rarement à lever des plans de terrain autres que des quadrilatères. Pour lever un quadrilatère, ce qu'il aura de mieux à faire, sera de le décomposer en triangles et de mesurer les côtés de chaque

triangle dont il consignera les valeurs numériques ou cotes sur un croquis qu'il transformera en un plan rigoureux en faisant la réduction à l'échelle qu'il voudra de son croquis coté, puisque les valeurs vraies des lignes y étant indiquées, c'est exactement comme s'il s'agissait de réduire une figure rigoureusement faite.

Quand le quadrilatère ABCD (fig. 45) est occupé par un bâtiment et qu'on ne peut pas le décomposer en triangles, il faut remplacer la mesure de la diagonale AC, par celle de la mesure de l'angle CBO. On pourra, par exemple, prolonger le côté AB d'une longueur quelconque BO, que l'on figurera sur le croquis avec sa valeur à côté; on prendra aussi une distance quelconque BE que l'on indiquera et figurera de même : on mesurera enfin EO que l'on fera figurer aussi sur le croquis. Cela ayant été fait sur le terrain, le charpentier rentré chez lui, tracera d'abord une droite ayant à l'échelle la valeur de AB, puis l'ayant prolongée d'une quantité ayant à l'échelle la valeur de BO, il construira d'après ses cotes un triangle égal à BOE; il prolongera BE de manière à ce que BC ait à l'échelle la longueur indiquée au croquis, et il joindra, s'il le veut, le point A au point C : s'il ne le faisait pas, il n'en pourrait pas moins construire le triangle ACD, puisqu'il en connaît les trois côtés.

Ce que nous avons dit doit suffire pour faire comprendre au lecteur ce qu'il y aurait à faire pour lever et reproduire le plan d'un polygone de plus de quatre côtés. Hâtons-nous de terminer ces notions de géométrie par l'indication des propriétés de quelques courbes qu'il n'est pas inutile aux chapentiers de connaître.

§ 9. SECTIONS CONIQUES.

De l'ellipse. — L'ellipse (fig. 46) est une courbe telle, que la somme MF+MF' des distances de chacun de ses points, à deux points fixes ou foyers F, F', est une quantité constante.

La corde AA' qui passe par les deux foyers est le grand axe de l'ellipse; la corde perpendiculaire au milieu du grand axe est le petit axe de l'ellipse; le point de rencontre O des deux axes est le centre de l'ellipse; toute corde qui passe par le centre de l'ellipse est un diamètre de l'ellipse. On appelle sommets, les extrémités des axes, et les deux sommets qui appartiennent au même axe sont à une distance égale des foyers.

Quand on connaît les axes d'une ellipse, on en trouve les foyers, en prenant une ouverture de compas égale à la moitié

du grand axe, et en décrivant du point B, comme centre, un arc de cercle qui coupe le grand axe aux points F et F'.

Toute ligne qui passe par le milieu de deux cordes parallèles est un diamètre, dont le milieu est le centre : rien n'est donc plus aisé que de trouver le centre inconnu d'une ellipse donnée.

Toute circonférence qui a pour diamètre un diamètre de l'ellipse, coupe cette courbe en quatre points, ce qui détermine un rectangle, aux côtés duquel les axes sont toujours parallèles : rien n'est donc plus aisé que d'avoir les deux axes d'une ellipse.

Deux diamètres sont dits conjugués l'un de l'autre, quand chacun d'eux divise en deux parties égales les cordes qui sont parallèles à l'autre.

Si par le centre d'une ellipse, on tire une droite quelconque OK, égale au demi-grand axe O A, et qu'ayant pris sur cette ligne une longueur O L égale à OB, on abaisse de K une perpendiculaire K P au grand axe, et qu'on mène ensuite par le point L une nouvelle droite L M parallèle au grand axe, le point M, où la parallèle rencontrera la perpendiculaire KP, sera un point de l'ellipse.

De là, un moyen très-commode pour obtenir autant de points qu'on veut d'une ellipse dont on connaît les axes.

On peut encore trouver autant de points qu'on veut d'une ellipse, au moyen de la définition de cette courbe. En effet, soit AA' (fig. 46) le grand axe d'une ellipse dont on connaît les foyers F et F', on commence par marquer un point *m* entre F et F', puis de chacun des points F et F', avec un rayon égal à A*m*, on décrit un arc de cercle. On prend alors un rayon égal à *m*A', reste du grand axe, et l'on décrit encore des foyers F et F', deux nouveaux arcs de cercle qui coupent les premiers en quatre points C, C', D, D', qui sont quatre points de l'ellipse. En prenant un autre point *m* différent du premier, on obtiendrait évidemment quatre nouveaux points; puis, en continuant ainsi, on en trouverait quatre autres, etc. Quoique ce procédé donne quatre points à la fois, on préfère le procédé qui résulte de la remarque précédente, parce que les points obtenus par son moyen, le sont d'une manière plus régulière : il est facile de s'en assurer en construisant successivement une ellipse par les deux procédés.

Tracé du jardinier. — Ayant fixé des piquets A A', et tendu une ficelle entre les deux piquets, les jardiniers attachent leur ficelle aux piquets, qu'ils enlèvent des sommets pour les planter aux foyers : alors, au moyen d'un troisième

piquet, ils tracent successivement leurs deux moitiés d'ellipse, en faisant glisser le piquet qu'ils tiennent le long du cordeau, dont ils ont soin de tenir les deux parties également bien tendues.

Si l'on divisait en parties égales l'angle F'MF (fig. 47), ainsi que son adjacent FMR, l'une des deux bisectrices NMX serait normale, et l'autre TMP tangente à l'ellipse au point M. On voit donc que rien n'est plus facile que de mener en un point d'une ellipse, une tangente ou une normale.

Pour mener une tangente à une ellipse, par un point extérieur M (fig. 48), de ce point comme centre, avec un rayon égal à MF', qui est la distance de M au foyer le plus voisin, on décrit un arc de cercle CF'C'; puis de F, comme centre, avec A'A pour rayon, on décrit un autre arc CC' qui coupe le premier en C et C'; tirant ensuite FC et FC', on obtient, en passant sur la courbe, les points N et N' qui sont les points de contact par lesquels il faut mener les tangentes.

La surface d'une ellipse est égale au produit du nombre $\pi = 3.1416$, multiplié successivement par la moitié du grand axe et par la moitié du petit. C'est-à-dire que si la moitié du grand axe $= a$, et que la moitié du petit axe $= b$, en appelant S la surface de l'ellipse, on a : $S = \pi \times ab$.

Le corps produit par la complète révolution d'une moitié d'ellipse autour de son axe, s'appelle *ellipsoïde*. Le volume de l'ellipsoïde est représenté par $\frac{4}{3}\pi \times b^2 a$, quand l'ellipse a tourné autour de son grand axe : quand l'ellipse a tourné autour de son petit axe, son volume est exprimé par $\frac{4}{3}\pi \times a^2 b$.

De l'hyperbole.

Définition de l'hyperbole. — L'hyperbole est une courbe à deux branches non fermées (fig. 49), telle que la différence des distances de chacun de ses points à deux points fixes ou *foyers* F, F' est une quantité constante.

La droite qui passe par les foyers F, F' de l'hyperbole est *l'axe transverse* de cette courbe. — Les points A, A' où l'axe transverse rencontre les branches de la courbe sont les sommets de l'hyperbole. — La perpendiculaire menée sur le milieu de AA' est *l'axe déclinant*. — Le point O, rencontre des axes, est le *centre* de l'hyperbole.

Propriétés principales de l'hyperbole. — Les distances des sommets aux foyers voisins sont égales : AF = A'F. — Chacun des axes de l'hyperbole divise cette courbe en deux

parties symétriques. — Les parties O M, O M' d'une droite MM' qui va d'une branche à l'autre en passant par le centre, sont d'égale longueur : O M=O M'. — Les droites telles que M O M' sont des diamètres. — Toute ligne qui passe par les milieux de deux cordes parallèles est un diamètre, comme dans l'ellipse. — Deux diamètres sont dits conjugués quand chacun d'eux divise en parties égales les parallèles à l'autre. — Etant donnée une hyperbole, on en trouve le centre, les axes et les foyers en opérant comme il a été dit à l'occasion de l'ellipse. Il y a dans une hyperbole des diamètres limités et des diamètres illimités. — Les deux lignes qui séparent les diamètres infinis de ceux qui ne le sont pas, sont les *asymptotes* de l'hyperbole. — Les asymptotes de l'hyperbole sont des espèces de tangentes, qui, partant du centre, rencontreraient les deux branches à une distance infinie.

Tracé de l'hyperbole. — Etant donnés les sommets A et A', ainsi que ses foyers F et F', pour tracer cette courbe, des points F et F', comme centre, avec un rayon quelconque, mais plus grand que A F, avec A*m*, par exemple, décrivez des arcs de cercle; puis des mêmes points comme centre, avec un rayon égal à A'*m*, décrivez de nouveaux arcs : ces nouveaux arcs couperont les premiers en quatre points qui appartiendront tous quatre aux branches de la courbe. En déplaçant le point *m*, on obtiendra de même quatre autres points, puis quatre autres, et on continuera ainsi jusqu'à ce que les points soient assez nombreux et assez rapprochés pour que les branches de l'hyperbole puissent se tracer à la main ou au pistolet.

Tangente à l'hyperbole. — La tangente à l'hyperbole par un point donné de la courbe s'obtient en tirant les deux rayons vecteurs de ce point et en divisant leur angle en deux parties égales. La normale du même point doit diviser en parties égales l'angle que fait l'un des rayons vecteurs avec le prolongement de l'autre rayon. Si l'on voulait mener une tangente à une hyperbole par un point extérieur, que nous appellerons le point M, il faudrait opérer ainsi : du point M comme centre, avec un rayon égal à sa distance au foyer voisin que nous supposerons être le point F, on trace d'abord une circonférence ; ensuite, du foyer F', avec un rayon égal à l'axe transverse AA', on décrit un autre cercle qui coupe le premier en des points que nous appellerons C et C'; on tire F'C, ainsi que F'C', et l'on joint le point M avec les milieux de ces deux lignes par des droites qui sont les tangentes qu'on voulait trouver.

Observation. — L'hyperbole est une espèce d'ellipse à

l'envers : c'est à cause de cela que nous avons retrouvé dans l'hyperbole presque toutes les propriétés de l'ellipse. Si l'on s'est moins étendu sur l'hyperbole que sur l'autre courbe, c'est parce que l'ellipse est beaucoup plus nécessaire à connaître que l'hyperbole, que l'on ne rencontre presque jamais dans les épures de la charpenterie.

De la parabole.

La *parabole* est une courbe à une branche non fermée, dont tous les points sont également distants d'un point fixe, ou foyer F et d'une droite fixe, ou directrice DD' (fig. 50).

La perpendiculaire F x menée par le foyer sur la directrice, est l'*axe* de la parabole. — Le point A où l'axe rencontre la courbe, est le sommet de la parabole. — Le double de la distance FO du foyer F à la directrice est le paramètre de la parabole. — La corde menée par le foyer perpendiculairement à l'axe est égale au paramètre. L'ordonnée de chacun des points d'une parabole est une moyenne proportionnelle entre l'abcisse du même point et le paramètre. On nomme diamètre de la parabole toute droite qui passe par le milieu de deux cordes parallèles. Toute parallèle à l'axe est un diamètre dans la parabole.

Quand on ne connaît ni l'axe, ni le foyer, ni la directrice d'une parabole, on peut aisément trouver tout cela. En effet, menez d'abord deux cordes parallèles C C', E E' (fig. 51), et marquez-en les milieux I et K : en faisant passer une droite par ces deux points, vous aurez un diamètre BB'. Ce diamètre étant trouvé, menez une corde LM qui lui soit perpendiculaire, et, par le milieu N de cette nouvelle corde, menez une parallèle ONX au diamètre BB' précédemment trouvé : ce nouveau diamètre AX sera l'axe de la parabole.

Pour avoir maintenant le paramètre, joignez le sommet A avec un point quelconque L, menez LR perpendiculaire sur AL et abaissez l'ordonnée LN du point L : la distance NR sera le paramètre.

Pour avoir la directrice, prolongez l'axe d'une quantité AO égale au quart du paramètre et menez par le point O une droite DOD' perpendiculaire à l'axe.

Pour avoir le foyer F, prenez AF = AO.

Construction de la parabole. Soit F le foyer et DD' la directrice (fig. 50).

Menez d'abord du point F la droite OFX perpendiculaire sur la directrice : ce sera l'axe.

Prenez le point A milieu de FO, ce sera le sommet.

Par un point B pris sur l'axe, menez à cet axe une per-

pendiculaire indéfinie; puis, avec une ouverture de compas égale à BO, en prenant pour centre le foyer, décrivez des arcs de cercle qui coupent votre perpendiculaire en C et C', l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'axe : ces deux points C et C' seront deux points de la courbe.

En répétant la même opération pour un nouveau point B, pour un troisième, pour un quatrième, etc., vous finirez par avoir assez de points pour ne plus éprouver d'incertitude sur la direction de votre parabole.

On pourrait encore tracer une parabole en cherchant pour chaque abscisse une moyenne proportionnelle entre cette abscisse et le paramètre, car cette moyenne ferait connaître la grandeur de l'ordonnée qui correspond, de chaque côté de l'axe, à chacune des abscisses sur laquelle on a opéré. En cherchant, par exemple, une moyenne proportionnelle entre l'abscisse AB et le paramètre, c'est-à-dire le double de FO, on trouverait pour cette moyenne une ligne qui serait égale à BC : cette ligne, portée au-dessus et au-dessous de l'axe sur la perpendiculaire indéfinie du point B, donnerait les deux points symétriques C et C'.

Pour les tracés en grand, quand l'on connaît la corde finale BB' qui correspond à l'abcisse AO (fig. 52), on divise en un même nombre de parties égales l'abcisse AO et l'une des moitiés BO de la corde finale, en numérotant les points de division comme on le voit sur la figure. Alors ayant mené par les points de division de OB des parallèles à l'axe, on mène par le point B' et par chacun des points de division AO des transversales qui, rencontrant chacune la parallèle qui porte le même numéro, déterminent un point de la courbe. Quand un point est trouvé au-dessus de AO, on obtient aisément son symétrique au-dessous.

Tangente à la parabole.

Pour mener une tangente à une parabole par un point C pris sur la courbe, on divise en deux parties égales l'angle FCY que forme le rayon vecteur du point C avec le prolongement CY du diamètre CP du même point.

Quand la tangente doit partir d'un point que nous appellerons M, donné hors de la parabole, on opère ainsi : avec MF comme rayon, du point M comme centre, on décrit un arc de cercle qui coupe la directrice en deux points que nous désignerons par les lettres D et D'; on mène FD et FD', et alors les perpendiculaires menées de M sur ces deux lignes, sont les deux tangentes.

La surface d'un segment de parabole BAB' (fig. 51), qui

se termine à une corde perpendiculaire à l'axe, est égale aux deux tiers du rectangle qui aurait la corde pour base et la partie limitée AO de l'axe pour hauteur.

Construction de l'hélice.

L'*hélice* est une ligne courbe tracée sur un cylindre à base quelconque, de manière qu'en développant ce cylindre elle devienne une ligne droite : telle est la ligne *acb* (pl. 1, fig. 53).

Construction de l'hélice. — Soit 0, 1, 2 3, 4, etc., 8, 12 et 0, la circonférence de la base d'un cylindre droit : on la divise en parties égales à partir du point 0, origine de l'hélice. Ensuite le pas de l'*hélice*, ou la distance *ab* de deux points consécutifs de la courbe, placés sur une même génératrice du cylindre, étant donné, on le partage en un même nombre de parties égales que la base et on porte ces parties sur les droites du cylindre qui passent par les points de divisions 1, 2, 3, 4, etc., de la circonférence; savoir : une partie sur la droite qui correspond au point 1; deux parties sur la droite qui correspond au point 2, et ainsi de suite.

On fait enfin passer une courbe par les extrémités de toutes ces droites : cette courbe est l'hélice demandée, dont l'origine est au point O.

De la courbe dite anse de panier.

L'anse de panier est une courbe composée de plusiéurs arcs de cercle : elle ressemble à une demi-ellipse, et son tracé, qui est très-simple, a fait souvent, dans les constructions, substituer cette courbe à l'ellipse, pour former des cintres. Voici la manière de la tracer au moyen de trois centres : soient AB (fig. 54) le diamètre, et LC la *montée* de la courbe; joignez les points A et C par une droite; portez LC de L en E, et faites CG égal à AE. Ensuite sur le milieu N de la droite AG, élevez la perpendiculaire NA, qui déterminera sur le diamètre AB, le centre H de l'arc extrême AO, qui doit passer par le point A, et sur le prolongement de la montée CL, le centre D de l'arc du milieu OCK. Pour déterminer le point I, il faut porter AH de B en I, et pour avoir le point de raccordement K, il faut joindre D et I par une droite prolongée jusqu'en K. Cela fait, des points H et I comme centres, et avec un rayon égal à HA, décrivez les arcs AO et BK : ensuite du point D, comme centre, et avec une longueur DO ou DK pour rayon, décrivez l'arc OCK, qui complétera le tracé de l'anse de panier.

SECTION II.

De l'art du Trait.

Pour faire le trait, le *tracé*, ou l'*épure* de l'ensemble et des détails nécessaires pour la construction d'un bâtiment, d'une charpente, d'une voûte, etc., les architectes, les charpentiers et les tailleurs de pierre font usage de procédés connus depuis longtemps, mais qui n'ont été débarrassés de tout empirisme, que depuis que le célèbre *Monge* les a réunis en un corps de science, auquel il a donné le nom de *Géométrie descriptive*.

Le but de la géométrie descriptive est : 1° de représenter sur une surface plane, qui n'a que deux dimensions, longueur et largeur, sur une feuille de papier, par exemple, les corps qui en ont trois : longueur, largeur et hauteur ou profondeur, lorsque leurs formes sont susceptibles de définitions rigoureuses ; 2° de résoudre par le seul secours de la règle et du compas, une foule de questions qui se rapportent à ces corps. La base de cette science repose sur la méthode des *projections*.

On appelle projection d'un point sur un plan, le pied ou la rencontre de la perpendiculaire abaissée du point sur le plan, qu'on nomme alors *plan de projection*.

La perpendiculaire s'appelle *ligne* ou *droite projetante* du point, et la projection d'une droite s'obtient en déterminant les projections de deux de ses points.

Pour compléter la représentation d'un corps, on le rapporte à deux plans perpendiculaires entre eux, dont l'un est *horizontal*, et l'autre, par conséquent, *vertical*. Les projections tracées sur des plans horizontaux, se nomment *projections horizontales*, et les projections tracées sur les plans verticaux s'appellent *projections verticales*. Dans les arts, les projections horizontales se nomment *plans*, et les projections verticales se nomment *élévations*.

Lorsqu'on veut faire voir l'intérieur d'un bâtiment, etc., on le suppose coupé par un plan ; alors la projection prend le nom de *coupe* : elle s'appelle *coupe verticale* si le plan sur lequel se fait la projection est vertical, et *coupe horizontale* si ce plan est horizontal. En général, les plans, coupes, élévations et projections quelconques s'appellent *dessins géométraux*.

Les deux plans de projection se coupent ou se rencontrent suivant une droite qui est leur commune intersection, et

qu'on nomme *ligne de terre;* parce que, dans les applications, on prend le sol pour plan horizontal, et que cette droite représente le terrain sur le plan vertical.

Pour opérer sur une seule surface plane, telle qu'une feuille de papier, on suppose que le plan horizontal et le plan vertical ont été placés dans le prolongement l'un de l'autre, en faisant tourner celui-ci autour de la ligne de terre.

Lorsque des droites projetées, les arêtes d'une pyramide, par exemple, ne se trouvent pas dans une situation parallèle à l'un des plans de projection, elles sont représentées plus courtes que leurs grandeurs réelles : alors on les projette sur un plan auxiliaire qu'on suppose ensuite amené sur l'un des plans de projection : cette opération est ce qu'on appelle un *rabattement :* les charpentiers la désignent sous le nom de *développement*, ou de *herse*. Nous verrons des exemples de ces rabattements, particulièrement dans le chapitre qui traite des intersections des combles.

Les figures A', A, B, C de la planche 1, à droite sur cette planche, sont différents dessins géométraux de maisons.

A est le plan d'une petite maison dont A' est l'élévation. Cette maison est à pignon. On voit au plan les projections du faîtage et des pannes.

B est le plan d'une maison plus grande ayant deux travées pour supporter les pannes conjointement avec les poinçons. La figure A' peut encore être regardée comme l'élévation de la figure B.

Enfin, la figure C est le plan non détaillé de la toiture d'une maison à quatre versants, dont les deux triangulaires se nomment croupes.

Le cadre de cet ouvrage nous prescrit de nous arrêter à ces notions, parce que nous ne pourrions leur donner plus d'étendue sans être entraîné à embrasser toute la géométrie descriptive, qui est assez importante pour exiger un traité à part; et que d'ailleurs, on peut avoir recours aux excellents ouvrages qui ont été publiés sur cette matière par MM. *Monge*, *Hachette* et *Vallée;* notre but a été seulement de faire connaître ici ce qui était indispensable pour entendre la description des planches de cet ouvrage. Cependant, comme il existe un grand nombre de lecteurs qui seront bien aises de ne pas recourir aux ouvrages spéciaux sur la géométrie descriptive, nous avons placé à la fin de ce Manuel, dans un appendice, les principales opérations de la science graphique dont on peut avoir besoin pour la pratique de la charpenterie.

DEUXIÈME PARTIE.

BOIS DE CHARPENTE

SECTION Ire.

Des Bois en général et principalement de ceux qui sont propres aux constructions.

Le bois est la partie ligneuse interne des arbres, les plus grands et les plus forts de tous les végétaux qui croissent sur la terre. La solidité de sa texture et la facilité avec laquelle il se divise l'ont fait employer dans un grand nombre d'usages domestiques et de constructions importantes, telles que celles des planchers, des combles, des ponts, etc. : dans beaucoup de cas, il remplace même la maçonnerie.

Tous les bois cependant ne sont pas également propres à former de grandes charpentes; car ils présentent des caractères très-distincts, suivant l'espèce à laquelle ils appartiennent. Les plus convenables à cet usage sont même en très-petit nombre; nous les indiquerons ci-après.

Comme tous les végétaux, les arbres croissent par le développement de leur semence dans le sein de la terre, et par l'expansion de leurs racines, qui les soutiennent contre les vents et les orages, et leur servent à pomper la sève et les autres sucs nécessaires à leur entretien. En s'élevant du sein de la terre dans le cœur de l'arbre, la sève trace, par couches concentriques, des fibres ligneuses qui servent de conduits à la substance de l'arbre, et elle forme de cette manière la partie la plus dure du bois.

Les branches et les feuilles sont les diverses ramifications qui terminent l'arbre : leurs aspérités ou les poils qui les recouvrent, absorbent l'air et l'humidité nécessaires à leur croissance.

Comme les autres plantes, les arbres donnent des fleurs et des fruits qui contiennent leurs semences. Ils se déplacent facilement lorsqu'ils sont jeunes, et ils peuvent alors être replantés en d'autres lieux et sur un autre sol.

Le *tronc* de l'arbre est composé de l'*écorce*, de l'*aubier*

et du *cœur du bois*, qui est la seule partie propre à la charpente.

L'*écorce* est une substance molle remplie de gerçures : elle est formée du *liber* ou *livret* qui est sa partie intérieure, et de l'*épiderme* qui est son enveloppe extérieure.

L'*aubier* est situé entre l'*écorce* et le *bois*, avec lequel il s'identifie par l'effet de la végétation : c'est d'abord un bois tendre et imparfait.

Le *bois* est composé d'une masse de fibres compactes qui résultent du serrement progressif des filaments de l'aubier, serrement qui provient de l'interposition constante et ascendante de la sève.

Les réseaux concentriques qui résultent de cette assimilation indiquent par leurs couches la croissance de chaque année. Ces couches ont une épaisseur à peu près constante, qui ne varie guère que dans les différentes espèces d'arbres : elles sont plus serrées vers le centre qu'à la circonférence; mais elles ne sont point également apparentes dans toutes les espèces : ainsi, dans les bois tendres et résineux, elles sont plus marquées que dans le chêne, dans l'orme et dans le frêne. Ces notions sont essentielles à savoir, parce qu'elles mettent à même de bien apprécier la résistance que les nombreuses variétés des bois peuvent opposer soit à la flexion, soit à la rupture.

On divise les bois de construction en deux qualités principales : les bois *durs* et les bois *tendres* ou *mous*. La première dénomination appartient aux bois qui sont d'une contexture ferme et d'une fibre grosse. Ils viennent des pays chauds ou tempérés et des fonds pierreux et sablonneux; tels sont le chêne, l'orme, le frêne, le hêtre et l'érable.

La seconde comprend les bois d'un tissu plus léger, et le plus souvent blanc, tels que le sapin, le pin, le châtaignier, le tilleul, l'aulne et le peuplier. Ces dernières espèces ne sont propres, toutefois, qu'à former de petits *échafaudages*, des *cintres*, des *ponts de service*, etc.; mais comme moyen d'exécution seulement et pour de légers travaux.

En général, pour les constructions qui doivent être durables, il faut toujours préférer les bois qui sont grands, durs, difficiles à éclater et incorruptibles à l'eau, surtout lorsqu'on veut en faire usage dans les travaux hydrauliques. Les meilleurs se tirent des grandes forêts, et principalement du nord de l'Europe et de l'Amérique, des Pyrénées et de l'Auvergne : cependant, pour les petites constructions, on peut se contenter du bois des pays où elles se font. A Paris, on ne fait guère usage que de ceux qui viennent de la Cham-

pagne et du département de l'Allier : ces derniers sont préférables, parce qu'ils sont plus durs que les premiers.

Nous allons passer à l'examen de chacune des espèces, afin de nous mettre à même d'en déduire successivement les usages auxquels leurs bois sont propres. C'est de cette connaissance indispensable que doit partir le constructeur, pour se conduire dans le choix qu'il doit faire des uns et des autres, dans tels ou tels travaux.

Chêne.

On distingue plusieurs espèces de chênes : celle qui fournit le bois le plus propre à la charpente, porte des glands à longs pédoncules. On peut diviser cette espèce en deux variétés. La première comprend les chênes à gros glands; leur feuille est grande, leur écorce lisse et grisâtre; leur bois est d'un blanc jaunâtre et sans beaucoup d'aubier; il est ferme, élastique, aisé à fendre et il se travaille avec facilité. Sa couleur et la contexture de ses fibres ont beaucoup de ressemblance avec celles du châtaignier : ce qui avait fait croire, pendant longtemps, que quelques anciens constructeurs avaient employé celui-ci dans leurs constructions en charpente.

La seconde variété a la feuille petite et l'écorce gercée : son bois, d'une couleur foncée, est très-dur, rarement droit, ses fibres sont souvent torses et presque toujours coupées par des nœuds qui en rendent la main-d'œuvre difficile. Lorsqu'il est débité, il est sujet à se gercer. Son poids spécifique est plus considérable que celui de la première variété. Il convient aux travaux qui doivent rester exposés à l'intempérie des saisons, ou peut servir aux fondations des édifices.

Le manque des espèces ci-dessus peut obliger à employer celles qui sont d'une qualité inférieure; mais alors on doit préférer, selon la nature du travail à exécuter, celles d'entre elles qui auront le plus d'analogie avec les espèces que nous venons d'indiquer.

On voit donc que le chêne, à raison de ses nombreuses qualités, est propre à une multitude d'ouvrages; aussi, de tous les bois, est-il celui qui a le plus fixé l'attention des constructeurs : nous ajouterons encore que la petitesse de ses pores, et sa densité considérable le rendent presque imperméable à l'eau. Lorsqu'il y est plongé, ou lorsqu'il est employé dans les travaux pratiqués sous terre, il acquiert une dureté extraordinaire et demeure indestructible.

Dans les constructions hydrauliques, il faut éviter, autant que possible, de faire passer souvent le chêne de l'état de sécheresse à l'état d'humidité, et réciproquement, parce qu

alors, ainsi que tous les bois en général, il se tourmente, se fend et se détériore. En pareil cas, lorsqu'il est bien sec, travaillé et mis en place, on peut le goudronner ou le peindre, pour le préserver de cet inconvénient.

Lorsque les jeunes chênes peuvent donner des bois de grandeurs suffisantes, on doit les préférer aux vieux.

Le chêne ne croît ni dans la zone torride ni dans les climats glacés. Le milieu ou le nord de la France et de l'Allemagne, et les terrains dont la couche de terre végétale a de la profondeur, lui conviennent en général.

Les sols maigres et pierreux sont très-favorables à la végétation de l'espèce la plus dure.

L'exposition du midi est la plus convenable à la bonne qualité des chênes qui végètent dans les terrains humides. Quant à ceux qui sont situés au nord ou au levant, c'est une terre sèche ou légère qu'il leur faut. L'exposition du couchant est la moins bonne.

Sapin.

Le sapin croît le plus ordinairement sur les plus hautes montagnes, telles que les Alpes, les Pyrénées, les Vosges : mais c'est principalement dans le nord de l'Europe qu'il vient en abondance. Ce dernier est le plus estimé, en ce qu'il a sur les autres espèces une supériorité qui le rend préférable : son grain est fin et ses fibres très-flexibles. Celui des Pyrénées est également fort estimé; cependant, comme il est moins pénétré de gomme, il se détériore beaucoup plus vite.

La texture du bois de sapin est moins dense et moins uniforme que celle du chêne : il est, en général, flexible et sujet à se fendre. On en distingue deux espèces, le rouge et le blanc. Le rouge est le meilleur, comme étant le moins susceptible d'être piqué par les vers : ce qu'on attribue à la résine qu'il contient plus abondamment que le blanc. Ce dernier au contraire est très-sujet à être rongé par ces insectes qui s'y engendrent facilement; cet inconvénient se fait sentir notamment dans celui du Nord, des Vosges et de la Bourgogne.

Le sapin, quoique inférieur au chêne sous beaucoup de rapports, peut cependant servir dans la charpente des combles, pour les poutres, les solives et les planchers; ou bien pour former de légères toitures, telles que celles qui se font en zinc. Cependant nous pensons qu'on ne doit guère l'employer pour des poutres d'une longue portée, que quand elles ne sont point destinées à recevoir de fortes charges. Le seul

cas où il puisse prévaloir en tout sur le chêne, c'est quand il est chargé verticalement; car alors on le trouve d'un cinquième plus fort.

Dans le nord de la France on en fait un très-grand usage pour les constructions de planchers : mais l'économie qu'il procure est fort médiocre à cause de sa durée bien inférieure à celle du chêne, et du choix qu'il faut faire des planches sans nœuds : et les nœuds qui fourmillent dans cette espèce de bois, occasionnent souvent un déchet considérable.

Pin.

Le pin participe essentiellement de la nature du sapin : il est cependant moins résineux et peut fournir d'assez bon bois pour la charpente. On prétend que l'extraction de la résine qu'il contient n'altère pas sa qualité lorsqu'on y procède avec soin. On peut en faire usage pour les madriers, pour les tuyaux servant aux conduites d'eau, pour les corps de pompe, pour les mâts et pour les bordages des vaisseaux.

Mélèze.

Le mélèze est un arbre résineux : son bois est presque blanc; mais il a l'inconvénient de se noircir au bout de quelques années, lorsqu'il est exposé à l'air.

En Russie, on en fait un fréquent usage dans la construction des maisons. Lorsque la résine qu'il contient abondamment s'échappe de ses pores, par l'effet de la chaleur solaire, elle s'étend sur sa surface, et finit, en durcissant, par le rendre impénétrable à l'eau.

Hêtre.

Son bois est plein, dur, mais sujet à se vermouler. On peut le préserver de ce défaut, en le purgeant de sa sève, ce qui se fait en le laissant quelque temps dans l'eau, et en l'exposant ensuite à la fumée. Lorsque le hêtre est sec, il a en outre l'inconvénient de se fendre : il se rompt aussi plus aisément que le chêne. On ne doit donc s'en servir, pour les grosses charpentes, qu'à défaut d'autre bois meilleur.

Aulne.

Le bois d'aulne est d'une contexture fine et serrée ; il se travaille bien et se conserve longtemps dans l'eau où il se durcit; il est excellent pour les pilotis et pour les autres constructions analogues.

Peuplier.

La contexture de son bois est uniforme; il est à la fois léger, tendre et facile à travailler : quelques personnes le préfèrent au sapin, surtout pour former des planchers, parce qu'il est moins inflammable. L'espèce dite *de Lombardie* est la meilleure, comme étant la plus dure.

Châtaignier.

Son bois est dur et compacte : lorsqu'il vieillit, il devient cassant et sujet à se fendre. Il est également sujet à la vermoulure intérieure, tout en conservant une apparence de force qui trompe l'œil le plus exercé.

Platane.

La contexture de son bois ressemble à celle du hêtre; mais il est plus dur et plus fort : on ne l'emploie guère dans les constructions.

Orme.

Son bois, plein, ferme et liant, est difficile à travailler; il se tourmente beaucoup et convient peu aux ouvrages de charpente : on s'en sert pour les corps de pompe.

N° 1. *Tableau de plusieurs espèces d'arbres qui sont susceptibles d'être employés dans la charpente, indiquant les hauteurs moyennes auxquelles ils peuvent s'élever, le diamètre de leur tronc et le terrain qui leur convient.*

NOMS DES ARBRES.	HAUTEUR MOYENNE des arbres.	HAUTEUR MOYENNE des troncs.	DIAMÈTRE des troncs.	TERRAIN QUI LEUR CONVIENT.
	mètres.	mètres.	centimètres.	
Aulne commun. . .	25	14	75	Humide, marécageux.
Charme commun. .	18	10	54	Froid, aride.
Châtaignier.	24	14	72	Toute terre, mieux vaut un bon terrain.
Chêne commun. . .	27	14	81	*Idem, idem.*
Chêne vert.	21	12	63	*Idem, idem.*
Frêne.	20	12	60	Terre humide.
Hêtre.	24	14	72	Gras, humide.
Marronnier d'Inde.	24	14	92	Sableux, marneux, toute terre non humide
Mélèze.	25	15	90	Froid, dur, élevé.
Noyer.	18	15	92	Toute terre, mieux vaut qu'elle soit profonde, riche, grasse, ferme.
Orme.	24	14	80	Terrain marneux, frais, un peu sec.
Peuplier.	25	15	81	Gras, humide, marécageux.
Pin du Nord. . . .	27	15	87	Sableux, montueux, etc.
Platane.	25	13	90	Humide.
Sapin.	32	18	120	Sableux, sec, marneux, élevé.
Tilleul.	18	10	66	Humide, marécageux, marneux, sableux.

DÉFAUTS ET VICES DES ARBRES.

Les arbres sont sujets à des défauts ou vices intérieurs qui les rendent presque toujours impropres aux constructions lorsqu'ils en sont atteints. Ces défauts peuvent se reconnaître en sondant avec la hache, le ciseau ou la tarière, les parties que l'on suppose affectées.

Les défauts les plus remarquables sont : les *abreuvoirs*, les *chancres*, les *cicatrices*, les *écoulements de sève*, les *excressences* et les *gouttières*.

Les *abreuvoirs* se forment ordinairement aux aisselles, qui sont les points de réunion de deux ou de plusieurs branches. Lorsque les grands vents ou le poids du givre occasionnent la séparation d'une branche d'avec le tronc, il arrive que les eaux pluviales, ou celles qui proviennent des neiges, s'introduisent dans l'intérieur de l'arbre, qu'elles pénètrent jusqu'à son cœur, et qu'elles y occasionnent une pourriture qui s'étend de l'abreuvoir aux racines. Ce défaut se reconnaît aux taches blanches et rousses qui apparaissent sur l'écorce, du haut au bas de l'arbre.

Les *chancres* sont des espèces d'ulcères d'où il suinte, en tout temps, une eau rousse, âcre et corrompue. Les trous faits par des oiseaux ou par des insectes, l'arrachement d'une branche enlevée sans précaution, ou rompue avec éclats, sont les principes les plus ordinaires de ce mal. Pour s'assurer de l'état d'un arbre, on sonde la partie viciée, et, si l'on en retire du bois vergeté ou rouge, l'arbre doit être mis au rebut.

Les *cicatrices* proviennent d'anciennes plaies, telles que l'enlèvement de l'écorce par le frottement des voitures, etc. Lorsqu'elles ne s'annoncent que par une petite roulure, l'arbre peut être sain; mais quand l'ouverture, qu'on appelle communément *œil-de-bœuf*, est grande, l'arbre est gâté.

Les *écoulements de sève* par les gerçures de l'écorce dénotent toujours le plus prompt dépérissement.

Les *excressences* ou *excroissances* sont des superfluités de la partie ligneuse. Il en est de rondes, et d'autres qui règnent dans toute la longueur de la tige : mais quelles qu'elles soient, elles doivent toujours rendre un arbre suspect. Les coups de soleil ou de fortes gelées peuvent produire cet effet, en occasionnant une altération dans les couches ligneuses nouvellement formées. Alors la sève, qui tend à réparer cette altération, amène le boursoufflement.

L'abattage des arbres peut se faire de quatre manières : 1° en les sciant par le pied; 2° en les entaillant avec une cognée pour les faire tomber; 3° en coupant leurs racines pour les enlever en les faisant pivoter; 4° enfin, en les déracinant.

La seconde de ces méthodes est la plus usitée, parce qu'elle est la plus commode, la plus facile et la moins coûteuse.

Avant d'abattre un arbre, il faut toujours déterminer la direction suivant laquelle on se propose de le faire tomber. Lorsque cette mesure sera prise, on fera, du côté de la chute, une entaille, le plus près possible des racines, en dépassant de beaucoup le centre de l'arbre; puis, du côté opposé, on en pratiquera une seconde pour faire tomber l'arbre.

On doit éviter de le renverser sur de grosses branches susceptibles d'être équarries, de peur qu'elles ne se brisent par le choc qu'elles éprouvent en tombant; si donc la situation de l'arbre ne permettait pas de tenir compte de cette observation, il serait prudent de détacher les branches avant de provoquer la chute du tronc.

C'est au moyen des cordages, dont on se sert pour maintenir les arbres pendant l'opération, qu'on détermine la direction qu'ils doivent prendre en tombant.

DESSICCATION.

La sève étant une liqueur facile à se corrompre, les moyens les plus prompts à accélérer la dessiccation sont aussi les meilleurs.

Cette opération peut se faire de diverses manières : 1° en écorçant et équarrissant de suite les arbres qui ont été abattus pendant l'été; 2° selon l'opinion de quelques auteurs anciens, en les faisant mourir sur pied, au moyen de l'écorcement et d'entailles profondes pratiquées à la racine, à l'effet d'augmenter la densité et la force du bois; 3° enfin, selon Duhamel et Buffon, en employant simplement la méthode d'écorcement sur pied, qui paraît être celle préférable. Voici la raison de cette opinion : lorsque l'arbre est écorcé, les sucs nourriciers qui devaient former la nouvelle couche du *liber* entre l'arbre et l'écorce, ne pouvant plus être employés à cet objet, passent dans l'aubier, le perfectionnent en s'y épaississant, et lui procurent ainsi une dureté comparable à celle du cœur même de l'arbre.

L'écorcement et l'abattage des bois destinés aux travaux doivent être faits, l'un, pendant la sève du printemps, et l'autre, pendant l'hiver suivant. En Angleterre et en All

magne, cette méthode est déjà en usage. Les résultats qu'elle a procurés sont tels, qu'on a reconnu que la résistance des bois écorcés est à celle des bois non écorcés comme 28 est à 25 : cette résistance est donc augmentée d'un neuvième. Si on admettait généralement cette pratique, on augmenterait la durée des bois, qui auraient en outre l'avantage de devenir secs presque immédiatement après l'abattage ; tandis que ceux qui sont abattus par la méthode ordinaire, exigent un temps infini avant d'arriver au degré de dessiccation convenable, tout en restant susceptibles d'une plus grande tendance à la pourriture, à cause du contact de l'aubier.

Voici ce qu'on peut conclure de toutes les expériences et de toutes les observations qui ont été faites sur le dessèchement des bois :

1° Il faut équarrir les bois aussitôt après qu'ils sont abattus, afin de hâter leur dessiccation que l'écorce retarde toujours.

2° Lorsqu'ils sont débités suivant les dimensions voulues, soit en planches, soit en solives équarries, on doit procéder de suite à leur dessiccation complète, et les laissant exposés à toutes les variations de l'atmosphère, et disposés par conséquent dans les chantiers, de manière que des courants d'air s'établissent autour d'eux avec la plus grande facilité.

3° Cette dessiccation doit être faite à l'ombre et lentement; car, si elle est brusquement opérée au soleil, elle expose le bois à se fendiller.

4° Il ne convient d'employer les bois que lorsqu'ils ont fait *leur effet*, c'est-à-dire quand ils sont parvenus à un état complet de dessiccation ; car, s'ils ne sont pas assez secs, les ouvrages faits avec eux éclatent et se fendent : s'ils sont trop verts, ils se tourmentent et se déforment, ce qui peut nuire à la solidité et à la grâce des constructions.

5° Lorsque le bois est parvenu aux deux tiers de son dessèchement, il absorbe l'humidité de l'air : il faut, en conséquence, mettre les bois destinés à une dessiccation complète dans des lieux fermés, lorsqu'ils sont parvenus à ce premier degré de sécheresse.

6° En se desséchant, le bois se resserre et devient plus léger. Le chêne perd environ un tiers de son poids : les bois qui sont moins durs perdent plus encore.

7° Les bois n'éprouvent de retrait ou de contraction que sur l'équarrissage ; l'effet n'ayant lieu que par le rapprochement des fibres parallèles. Dans le chêne, ce retrait est évalué aux 4/100 de la section transversale.

8° Le temps nécessaire pour sécher des solives de 20 à 25

centimètres est de sept à huit ans au moins : il en fau quinze, c'est-à-dire le double, pour des poutres.

9° Le dessèchement des bois est d'abord en raison plu grande et ensuite en raison moins grande que celle des sur faces.

10° Celui d'une pièce de bois d'un volume égal et d'un surface double de celle d'une autre pièce se fait en deux o trois fois moins de temps : ce temps est cinq ou six fois plu court, lorsque la surface est triple.

11° Le dessèchement total des bois est en rapport ave leur légèreté, et en raison de leur densité relative ; en sort que l'aubier se dessèche plus que le cœur de l'arbre.

12° Enfin la dessiccation des bois, entièrement opérée l'ombre, ne peut guère être augmentée que de 1/19 ou d 1/18 du poids total, lorsque, pour l'accroître encore, on ex pose le bois au soleil et ensuite à la chaleur du four chauf à une température de 47 degrés : par conséquent, ces der niers moyens sont d'autant plus inutiles qu'ils sont réelle ment onéreux.

Pour abréger le temps, infiniment long, mais nécessair au dessèchement des bois, on a recours aujourd'hui à d moyens artificiels qui conduisent à des résultats plus promp et non moins favorables à la bonne qualité du bois. Il consistent principalement à en dégager, par le secours d l'eau, la sève et les sels qu'ils contiennent, parce que sont là les plus grands obstacles à leur dessèchement. A e effet, lorsque les bois sont abattus, on les expose d'abord l'air pendant quelques mois ; puis après, on les plonge, pe dant deux, trois ou quatre mois, dans un étang, ou mieu encore, dans une eau courante qui entraîne et dissout plu promptement la sève et les sels qu'ils contiennent. Le temp exigé pour cette opération est relatif aux dimensions du bois, ainsi qu'à la qualité de l'eau. On fait sécher ensuite l'air, mais à l'abri du soleil, le bois précédemment im mergé : les poutres se placent verticalement, et les planch se posent à plat, les unes sur les autres, en piles croisées, séparées par des tasseaux, afin que l'air puisse circuler libr ment entre elles.

Dans la marine, on les tient plongées dans l'eau de me et on les fait sécher ensuite.

Il est encore possible d'effectuer le dessèchement des bo par de l'eau chaude, lorsque, par exemple, on se trouve portée d'une pompe à vapeur. Dix ou douze jours suffise alors, mais la chaleur de l'eau doit être élevée à 30 degr environ. Les pièces de charpente se placent dans des résc

ļirs propres à les contenir, et on les fait ensuite sécher à ļétuve, ou par la méthode que nous avons déjà indiquée.

Le flottage, au moyen duquel on charrie les bois sur les rivières, peut tenir lieu de toute autre espèce d'immersion : l'eau rend plus tendres, sous l'outil de l'ouvrier, le chêne et les bois résineux flottés; ils prennent, en outre, une belle couleur, et deviennent moins sujets à se déjeter : les bois blancs, au contraire, pourrissent dans l'eau.

CONSERVATION DES BOIS.

Tous les bois qui sont exposés aux actions successives des éléments ne tardent pas à périr, quelque soin que l'on prenne pour les conserver. Ils sont souvent la proie d'une maladie que les Anglais nomment *dry-rot*, pourriture sèche, épidémie végétale, contre laquelle tous les préservatifs sont impuissants.

La sève qui existe dans tous les bois est cause de leur altération : dans les meilleurs, elle travaille jusqu'à ce que le temps l'ait détruite. Dans ceux d'une qualité inférieure ou qui ont été coupés hors de saison, elle s'échauffe, se corrompt, attire les vers, et fait bomber, fendre, gercer et même pourrir le bois avec le temps, surtout s'il a été employé n'étant pas sec, et s'il est exposé à l'air : on obvie à ces inconvénients en faisant bouillir le bois dans l'eau et en le séchant ensuite à l'étuve. Par là, il se dépouille de sa partie extractive, et ses fibres deviennent susceptibles de se remplir de différents ingrédients qui pénètrent jusqu'au cœur, augmentent sa force et en assurent la conservation.

Le bois qu'on imbibe d'huile ou de graisse, et qu'on tient ainsi exposé pendant un certain temps, à une chaleur modérée, devient lisse, luisant et sec après son refroidissement : il contracte aussi quelquefois une dureté telle qu'il tranche et perce comme une arme de fer.

Les bois de construction peuvent encore être conservés pendant une suite d'années plus ou moins considérable, par d'autres moyens dont la plupart ont été confirmés par l'expérience : on y parvient en les goudronnant, ou en les couvrant d'une couche de peinture de temps en temps; on y parvient encore, en les enduisant d'une lessive de sel, lorsqu'ils sont destinés à être placés dans des lieux humides, ou bien en les recouvrant avec du bitume liquide ou de l'huile de pétrole, et mieux encore, avec un mélange formé de ces deux substances. Les toits en planches, recouverts d'un mastic bitumineux, paraissent pouvoir résister aussi, pendant

longtemps, aux intempéries de l'air. Enfin, les enduits de chaux sont encore d'assez bons préservatifs contre les vers et contre la pourriture.

En Angleterre, on fait un très-grand usage de goudron extrait de l'acide pyroligneux (vinaigre de bois), reconnu dans ce pays, pour être le meilleur préservatif qu'on puisse employer pour la conservation de tout ouvrage en charpente exposé à l'air. Cette espèce de goudron, qui paraît ne point s'incorporer avec le goudron ordinaire qu'on emploie généralement, est d'un usage facile : il ne s'agit que de le chauffer légèrement dans un vase de fer, et de l'étendre ensuite avec une brosse. Deux couches, ou trois au plus, suffisent pour durcir le bois, avec lequel il s'identifie complètement : il le rend lisse, et si impénétrable qu'il serait difficile d'y faire l'empreinte la plus légère. Il permet, en outre, l'application d'une couche de céruse à l'huile ; mais on ne doit l'étendre que sur des bois parfaitement secs. Enfin, lorsque les bois et principalement le chêne, sont destinés à être enfoncés en terre et scellés, comme les pieux pour clôtures, échafaudages, etc., on retarde beaucoup les effets destructeurs de l'humidité en passant au feu l'extrémité qui doit être enterrée, jusqu'à ce qu'elle soit charbonnée : ce moyen est à la fois un préservatif contre l'humidité et contre les insectes.

COMBUSTIBILITÉ DES BOIS.

La durée des édifices dépend non-seulement de la bonne qualité et de la conservation des bois, mais elle dépend encore des soins que l'on doit prendre pour éviter qu'ils ne deviennent la proie des flammes. Pour prévenir les dangers auxquels on est constamment exposé, faute de précaution, par les incendies, remarquons qu'ils sont occasionnés, la plupart du temps, soit par les planchers qui aboutissent aux cheminées, soit par le rapprochement qui a trop souvent lieu entre les poutres, les solives et les différents conduits de chaleur ; on devrait donc, ce me semble, faire un plus fréquent usage des moyens indiqués jusqu'à ce jour, pour parvenir à donner aux bois, sinon une incombustibilité complète, du moins une qualité qui les rende moins inflammables. Celui qui paraît le plus efficace est d'ôter à l'oxygène toute espèce de contact avec le bois. A cet effet, on peut l'imbiber de dissolutions salines formées avec des *sulfates d'alumine et de fer*, communément appelés *alun, vitriol de mars, vitriol vert, vitriol de fer*. On pourrait également faire usage des *sulfates de potasse* et *de soude*, ainsi que

les *muriates de potasse* et *de soude*, et particulièrement de ce dernier, connu sous le nom de *sel marin* ou de *sel de cuisine*. Mais de tous les moyens connus qui paraissent pouvoir retarder au moins la combustion subite, on cite, comme étant le meilleur, celui qui consiste à imprégner les bois avec une lessive vitriolique mélangée d'urine. Cette imbibition permet de les exposer à un feu assez ardent sans craindre qu'ils s'allument : ils se charbonnent seulement, et se consument à la longue sans produire la moindre flamme. Il faut au moins quinze jours pour que les pièces de bois que l'on plonge dans cette lessive s'en saturent suffisamment.

COURBURE DES BOIS.

L'avantage que présentent les bois courbes est rendu sensible par l'emploi qu'on peut en faire pour former différentes pièces qui entrent dans la construction des combles, des ponts, etc.

Dans la plupart des cas, à défaut de bois courbes, on est forcé de débiter de fortes pièces pour pouvoir donner à de plus petites la forme ou la courbure nécessaire : il en résulte, par conséquent, un déficit considérable. Comme les pièces de bois naturellement courbées sont très-rares, et par cette raison, très-chères, on a cherché, depuis longtemps et notamment en Angleterre, divers moyens pour les courber. Celui qui fut d'abord mis en usage consistait à faire ployer les jeunes arbres, en assujettissant leur tige, soit par des cordes, soit par des piquets : on les maintenait dans cette situation assez longtemps pour que l'arbre, abandonné à lui-même, conservât la courbure qu'on voulait lui faire prendre. Ce moyen, qui contrarie la forme primitive de la tige, est préjudiciable à son développement, parce qu'il retarde la végétation : il n'est plus maintenant en usage.

Depuis, on a essayé d'autres méthodes infiniment supérieures à la précédente et bien plus expéditives. Celle qui est la plus usitée consiste à chauffer également le bois dans tous les sens, de manière à lui communiquer une chaleur uniforme, mais en l'imprégnant, en même temps, d'une humidité qui le ramollisse et augmente son élasticité, afin d'arriver à pouvoir lui donner toutes les formes que l'on désire, sans l'exposer à se fendre et à éclater pendant l'opération. C'est aussi par des moyens analogues qu'on peut redresser les bois qui seraient courbés ou déjetés; mais l'exécution de ces procédés n'étant point précisément du ressort des charpentiers, nous pensons qu'il serait superflu d'entrer

à cet égard dans de plus longs détails. Nous nous bornerons donc à faire remarquer qu'il existe à Paris et dans plusieurs villes principales de la France des établissements de ce genre.

SECTION III.

De l'équarrissage et du sciage des Bois.

Equarrir un arbre, c'est le rendre carré, de rond qu'il était auparavant : cette opération se fait en enlevant, dans le sens de la longueur de l'arbre, des parties telles qu'il en résulte quatre faces perpendiculaires ou d'équerre entre elles. Avant d'équarrir, il faut scier le tronc de la longueur que l'équarrissage peut porter, et le dégarnir de ses branches.

On appelle *bois d'équarrissage* celui qui est équarri sous la forme d'un parallélipipède rectangle. On ne donne pas moins de 33 centimètres de côté à chaque face ; mais on débite les grosses solives en petites, nommées *chevrons*, qui ont 10 à 12 centimètres d'équarrissage.

L'équarrissage se fait de deux manières, à la cognée ou à la scie : les bûcherons et les équarrisseurs emploient la première, et les *scieurs de long* la seconde. Celle-ci, quoique moins expéditive et plus coûteuse, est cependant préférable à l'autre, parce qu'on en retire des *dosses* ou morceaux de bois, qui peuvent être utilisés dans beaucoup de circonstances, et qui ont une valeur telle, qu'elle est souvent plus considérable que l'excédant du prix de la main-d'œuvre ; tandis que, suivant la première, le bois enlevé est réduit en copeaux, et n'est bon qu'à être brûlé.

Pour que les dosses dont nous venons de parler puissent présenter quelque valeur, il faut que le tronc soit le plus droit possible.

Ce qui doit guider dans le choix de l'un ou de l'autre de ces deux modes d'équarrissage, c'est : 1° la grosseur de l'arbre ; 2° la forme de la dosse qu'on peut obtenir ; 3° sa valeur dans le pays ; et 4° la différence du prix entre l'équarrissage à la cognée et l'équarrissage à la scie de long.

Lorsque la valeur de la dosse excèdera la différence des prix, il faudra donner la préférence à l'équarrissage à la scie : dans le cas contraire, on préfèrera celui fait à la cognée, quelque petite que soit la valeur des copeaux qui en résultent ; car, dans cette supposition, elle présente encore un certain bénéfice.

Pour obtenir la plus grande épaisseur des dosses d'une

ièce de bois, on cherchera le rayon de l'arbre par les règles e la géométrie, on doublera son carré, et l'on en prendra racine : on aura ainsi la largeur de l'équarrissage. On tranchera ensuite du rayon la moitié de cette largeur et reste ou la différence sera l'épaisseur de la dosse dans son milieu. Soit, par exemple, un tronc d'arbre dont la circonférence moyenne ou le pourtour développé est égal à 220 centimètres. Pour avoir le diamètre, on divisera 220 par 22/7, et l'on trouvera ainsi 70 centimètres, ce qui fait 35 centimètres pour le rayon entier. Soit 30 centimètres le rayon diminué de l'épaisseur de l'écorce; le carré de 30 est 900, et le double de ce carré 1800, dont la racine carrée est 42 environ. La moitié de 42 est 21; en retranchant 21 centimètres de 30 centimètres, on a 9 centimètres pour différence : c'est là l'épaisseur de la dosse.

Si, au lieu de recourir au calcul, on veut déterminer cette épaisseur par un tracé, on mènera par le centre *c* de l'arbre (fig. D, pl. 7, *débit des bois*) deux perpendiculaires *ab*, *de*, qui seront les diagonales du carré *adbe*, que l'on peut inscrire dans le cercle *adbe*; on fera *ca*, *cb*, *cd*, *ce*, égaux entre eux, et on joindra *ad*, *db*, *be*, *ea*. Menant ensuite la ligne *cf* perpendiculaire sur *db*, l'un des côtés du carré, on aura *if* pour l'épaisseur de la dosse, et *db* pour sa largeur.

En opérant ainsi, on trouvera qu'un arbre de 1m.57 de tour, donne un équarri de 35 centimètres de côté, et quatre dosses de 7 centimètres d'épaisseur, susceptibles de former deux petits chevrons chacune.

Un arbre de 1m.25 de tour donne un équarrissage de 28 centimètres et quatre dosses de 6 centimètres d'épaisseur dans le milieu, susceptibles de produire, chacune, une planche de 28 centimètres de large d'un côté, 18 centimètres de l'autre, et 4 centimètres d'épaisseur.

Lorsqu'on se propose d'équarrir un arbre, il faut toujours chercher à en obtenir la plus grande quantité possible de bois équarri.

Les arbres sont rarement cylindriques à base circulaire, ou à base elliptique; ils approchent cependant plus ou moins de ces deux formes. Celle qui présente le plus d'avantages est la forme circulaire, parce que le plus grand rectangle qu'on peut inscrire dans une ellipse est toujours moindre que le carré inscrit dans un cercle dont la surface serait la même que celle de l'ellipse. C'est donc toujours la forme des arbres qui détermine le rapport des deux faces de la pièce à équarrir, ainsi que la grosseur de son équarrissage.

La forme irrégulière que les arbres prennent communé-

ment rend la détermination du rapport fort difficile ; ce n'est guère que par le tâtonnement ou par suite d'une longue expérience que l'ouvrier parvient à donner aux bois équarris tout le volume qu'ils peuvent avoir.

Cette observation est de quelque importance, car il peut y avoir une très-grande différence entre les solidités de deux arbres équarris, dont l'un serait équarri au hasard, et dont l'autre serait équarri de la manière la plus favorable : les entrepreneurs manquent donc souvent des bénéfices considérables qu'ils pourraient faire, s'ils employaient toujours des hommes intelligents.

Les bois courbés sont rarement employés pour la charpente des bâtiments, si ce n'est dans la construction des dômes, des combles cintrés, des voûtes et des cintres.

La courbure des bois est généralement un vice ; cependant on peut l'atténuer en partie, soit en redressant l'arbre seulement sur l'un des côtés, par un trait de scie, afin qu'étant posé, il ne perde pas sa force, soit en employant la méthode indiquée à la section II.

Les arbres qu'on équarrit à la cognée se mettent sur des chantiers ou morceaux de bois qui les élèvent de terre de 10 à 15 centimètres environ. Celui de forme elliptique se place sur son plus grand diamètre, c'est-à-dire, de manière que ce plus grand diamètre soit vertical. On obtiendra ainsi, en équarrissant d'abord les plus grandes faces, le rapport des côtés le plus propre à produire le plus grand équarrissage sans crainte de trop enlever sur les plus petits côtés, ce qui étant, diminuerait le bénéfice.

Les outils employés par les hommes qui équarrissent les bois, sont la grande hache ou cognée, la doloire ou épaule de mouton, la scie à deux poignées appelée *passe-partout*, le cordeau et le fil à plomb.

Avec le cordeau, on trace les directions des faces à dresser de la manière indiquée dans la première partie, à l'article des opérations graphiques.

Lorsqu'il s'agit de tracer des lignes courbes, on se sert ordinairement de *gabaris* ou patrons, faits d'après les dimensions voulues par la nature du travail auquel ces pièces sont destinées.

D'abord la pièce s'ébauche avec la cognée ; à cet effet l'ouvrier pratique de petites entailles verticales, de distance en distance, sur toute la longueur ; il fait éclater les morceaux qu'elles séparent, et il la polit ensuite avec la doloire en coupant toujours verticalement. Un *bon doleur* doit rendre les faces unies, planes, et sans apparence de coups

d'outils : c'est l'opération la plus difficile de l'équarrissage d'une pièce.

Si les faces du bois, après avoir été dressées, sont *convexes* ou rondes par rapport à leurs arêtes, on dit qu'elles sont *grasses*, et si, au contraire, elles sont *concaves* ou creuses, on dit qu'elles sont *maigres* : dans les deux cas, le travail est imparfait ou défectueux.

Sciage de long et débit des planches, etc.

Le sciage de long se fait en coupant l'arbre dans sa longueur au moyen de la scie, pour le partager en pièces de bois de diverses épaisseurs.

Pour refendre une pièce, on la pose sur deux tréteaux suffisamment élevés, afin que l'ouvrier qui reste à terre, puisse se tenir droit et manœuvrer librement dessous.

La scie est toujours mue par deux hommes, quelquefois par trois; il y a alors moitié en sus d'ouvrage fait.

On doit écorcer les arbres avant de les placer sur les tréteaux, afin de faciliter l'opération relative au tracé des lignes qui marquent la direction de chaque trait de scie; cette opération se fait avec le cordeau. C'est avec lui qu'on divise la pièce suivant le nombre de madriers ou de planches que l'on veut obtenir, en tenant compte, toutefois, dans leur épaisseur, de la perte que peut occasionner le trait de scie, dont l'épaisseur est ordinairement de 5 à 6 millimètres, ainsi que du retrait que produit toujours le dessèchement, retrait qui dépend d'ailleurs de la nature du bois et de son degré de sécheresse.

On peut aussi débiter les planches en se servant de machines nouvelles actuellement en usage, tels que les scies circulaires, etc.

Il n'est pas indifférent de débiter les bois destinés à faire des planches, sans avoir égard à l'arrangement de leurs fibres; car leur résistance en dépend essentiellement, ainsi qu'on pourra le voir par ce qui suit : nous empruntons textuellement cet article à l'ouvrage, sur la charpente, d'Hassenfratz, par qui ce sujet a été traité avec une précision et une clarté qu'il ne serait guère possible de surpasser.

Au premier aperçu, rien ne paraît plus simple que le débit du bois destiné à faire des planches : tout consiste, il le semble, lorsque l'on a déterminé la position dans laquelle le bois doit être scié (fig. E, pl. 1, *débit des bois*), à tracer des lignes droites qui aient entre elles les rapports donnés par l'épaisseur des planches, si les arbres ont la grosseur convenable, et à distribuer (fig. F, pl. 1) des levées, lors-

que les arbres sont plus gros que la largeur de la planche ne l'exige. Cependant, cette méthode, pratiquée pour le bois ordinaire, éprouve quelques variations lorsque l'on veut avoir des planches de choix qui se polissent facilement, qui ne se gercent et ne se courbent que le moins possible, et dont les influences hygrométriques soient très-faibles; dans ce cas, il faut déterminer la position du bois d'après la direction des fibres.

En examinant les troncs des arbres, on distingue deux sortes de traces: la première est celle des couches de croissances annuelles; la seconde, celle des fentes qui se font pendant le dessèchement. Les premières sont courbes et à peu près concentriques (fig. 1, pl. I); les secondes sont droites et dans la direction du centre à la circonférence; elles se nomment *des mailles*.

En coupant le bois, comme il est indiqué par les différentes figures E, F, L et K, on obtient des planches très-variées; celles du centre A sont dans la direction de la maille; mais les planches des extrémités *c* sont coupées par la maille. Celles-ci sont très-sujettes à se fendre en se desséchant, comme la planche *ccc* de la figure R; elles ont encore le défaut de se dessécher inégalement, et de se courber dans la largeur, comme la planche de la figure S.

Ces lignes, que l'on aperçoit sur le tronc des arbres, dans la direction du centre à la circonférence, paraissent être formées par le prolongement du tissu cellulaire, qui porte à l'écorce des liquides intérieurs dont les bois sont remplis. La substance de cette partie des arbres a plus d'affinité pour l'eau que le reste du bois; aussi, lorsque les corps d'arbres sont coupés dans la direction des mailles, ils présentent de grandes facettes brillantes, que l'on appelle *miroirs* dans quelques pays; dans d'autres, on les appelle mailles, et c'est de là que vient cette expression *scier sur maille*.

Il paraît que les mailles sont les principales substances hygrométriques du bois; elles se renflent lorsque l'eau les pénètre, et elle se compriment en se desséchant. Lorsque les mailles sont dans la direction de la planche, les variations hygrométriques n'ont lieu que dans son épaisseur, et les panneaux faits avec elles n'en souffrent pas; mais lorsque les mailles traversent les planches dans leur épaisseur, et les coupent comme dans la figure S, les variations hygrométriques se font dans leur largeur; de là les retraites considérables qu'elles présentent quelquefois, les fentes, les gerçures, et même les courbures qu'elles prennent lorsqu'elles sont isolées.

Pour éviter les défauts que produit la méthode de débiter les troncs d'arbres dans la direction perpendiculaire à la maille, comme on l'a fait pour la planche *c* (fig. R), on a imaginé plusieurs moyens. *Moreau*, ancien marchand de bois à Paris, a proposé et fait exécuter la division indiquée (fig. E et G, pl. I, *débit des bois*) ; cette méthode présente le double avantage de donner des planches de toute largeur, de les scier sur maille, de retirer des madriers, des chevrons dans les extrémités, et d'obtenir le plus de bois débité possible d'un tronc donné.

En comparant la méthode de *Moreau* à celle que l'on emploie ordinairement, on trouve qu'un arbre de 120 centimètres de circonférence, refendu à la manière ordinaire (fig. L), produit 6 planches de 27 centimètres de large, et 36 millimètres d'épaisseur.

La même pièce débitée (fig. G) par la méthode de *Moreau*, produit, toute réduction faite, une quantité de bois équivalente à dix planches de 27 centimètres de large, sur 27 millimètres d'epaisseur; de plus, 8 *cantibais*, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* (fig. M) qui peuvent avoir divers usages.

Les valeurs de ces divers produits diffèrent dans chaque pays, mais la proportion reste la même, et, de l'estimation que l'on peut faire des résultats obtenus par les deux méthodes, il résulte que la méthode de *Moreau* donne un produit d'environ moitié en sus de celle que l'on emploie ordinairement.

Si l'on débite de plus gros bois par les deux méthodes, le rapport du produit est à peu près le même.

Les Hollandais sont, depuis longtemps, en usage d'acheter les beaux chênes des départements des Vosges, du Haut et du Bas-Rhin. Ils les font écorcer sur pied, afin de profiter de leur aubier et augmenter leur grosseur. Quelquefois ces arbres sont refendus en trois ou en quatre avant d'être transportés; d'autres fois ils sont transportés en entier, et refendus lorsqu'ils sont arrivés à leur destination. Chacune de ces parties est sciée, comme il est indiqué (fig. M). D'un chêne de 340 centimètres de circonférence, on retire ordinairement 74 planches de 22 millimètres d'épaisseur; par la méthode de *Moreau*, on retirerait 82 planches de même dimension, conséquemment on bénéficierait de 1/7.

La division du tronc en trois ou quatre parties dépend de la grosseur du bois; à 340 centimètres de circonférence, on les divise en quatre; mais on les divise en trois parties, et l'on débite chaque partie suivant la trace (fig. H), lorsque les bois ont 280 centimètres de circonférence.

Pour les troncs d'une circonférence moindre, il faut employer des méthodes plus désavantageuses; ainsi, pour du bois de 2 mètres de circonférence, on scie l'arbre en deux (fig. N), et l'on refend chaque partie pour obtenir des planches de largeurs différentes.

En comparant la méthode de *Moreau* avec chacune des trois autres, on voit qu'elle présente beaucoup d'avantages soit par la quantité du bois obtenu, soit par la qualité des planches.

VICES ET DÉFAUTS APPARENTS DES BOIS APRÈS LEUR ÉQUARRISSAGE.

Les bois équarris en poutres, ou débités en solives, madriers et planches, doivent être exempts des défauts que nous allons signaler, ou sinon ils sont impropres aux constructions Ces défauts sont l'*aubier*, les *flaches*, les *gelivures*, lès *malandres*, les *nœuds*, les *roulures*, les *échauffures*, les *piqûres de vers* et la *pourriture*.

L'*aubier*, ainsi que nous l'avons déjà dit, ne peut être employé sans inconvénients, qu'autant qu'on aurait suivi dans l'abattage le mode d'exploitation par écorcement sur pied: hors cette condition, on doit apporter le plus grand soin à ne point en laisser. Cette partie du bois se reconnaît aisément, parce qu'elle est plus tendre que l'autre, et qu'elle blanchit en se séchant. Souvent aussi elle est parsemée de piqûres de vers, et elle finit toujours par tomber en poussière après un certain laps de temps.

Les *flaches* sont des creux aux arêtes : elles existent dans les pièces qu'on n'aurait pu équarrir sans beaucoup de déchet.

Les *gelivures* sont des fentes ou gerçures, en forme de rayons, qu'on aperçoit dans la coupe transversale du tronc. Cet effet est dû aux fortes gelées.

Les *malandres* sont des veines rouges ou blanches, qui dénotent une pourriture prochaine.

Les *nœuds* sont les centres des branches qui traversent l'arbre; ils rendent souvent les bois de très-mauvaise qualité, parce qu'ils en dérangent les fibres, et les altèrent par leur insertion irrégulière. Le bois où ce défaut se rencontre s'appelle *tranché :* il ne doit être employé que dans les fondations où un simple équarrissage suffit.

Les *roulures* sont occasionnées par la non-réunion des couches concentriques, ou crues de chaque année. Ces défauts proviennent de ce que l'arbre, étant en sève, a été trop

battu par les vents : ce dessèchement les augmente encore. On remarque alors un bois vif qui entoure un noyau de bois mort.

Les *échauffures*, qui annoncent une prochaine pourriture, se reconnaissent aux petites taches rouges et noires.

Enfin, les *piqûres* de vers et la *pourriture* sont toujours d'une apparence telle que nous croyons superflu de décrire les caractères auxquels on peut les reconnaître.

La bonne qualité des bois consiste donc à ce qu'ils soient exempts des défauts ci-dessus indiqués : elle s'annonce par une couleur jaune claire ou jaune paille, ou encore par une légère teinte couleur rosée. Si la couleur devient plus foncée à mesure qu'elle avance vers le cœur, l'arbre est en bon état ; et sa qualité est parfaite, si la couleur est à la fois sans nuance et sans interruption.

SECTION IV.

De la pesanteur ou poids spécifique des Bois.

On entend par *poids spécifique*, le poids d'un corps sous un volume déterminé, comme, par exemple, un décimètre cube, un mètre cube.

Plus un corps quelconque a de poids sous un volume donné, plus son poids spécifique est grand.

L'usage est de comparer les poids spécifiques des corps à celui de l'eau distillée pris pour unité ; et cette unité elle-même est le poids d'un litre de cette eau : on lui a donné le nom de *kilogramme.*

L'expression de poids spécifique est donc aussi celle du poids d'un litre ou d'un décimètre cube du corps considéré exprimée en kilogrammes.

Ainsi, quand on dit que le poids spécifique du peuplier d'Italie est 0.378, cela signifie que ce bois ne pèse que les trois cent soixante-dix-huit millièmes d'un égal volume d'eau distillée : ou bien que le poids d'un décimètre cube de ce bois est 378 grammes, ou encore, ce qui est la même chose, que le mètre cube pèse 378 kilogrammes (1).

Cette connaissance du poids spécifique des corps est indispensable dans les constructions, car elle entre comme

(1) Cet exemple est, au surplus, bien propre à faire sentir l'utilité et la simplicité du nouveau système métrique français.

élément dans l'évaluation des charges ou poids que l'on peut faire supporter aux édifices.

La pesanteur des bois varie beaucoup, non-seulement dans les différentes espèces, mais encore dans un même bois. La nature du terrain d'où il est tiré, la situation météorique, la partie de l'arbre dans laquelle il est pris, son degré de sécheresse ou d'humidité, son âge enfin, sont autant de causes qui influent pour en faire varier le poids. Cependant, dans la pratique, on pourra toujours se guider d'après les principes suivants :

1° La force des bois est proportionnelle à leur poids spécifique, que les pièces comparées sous des dimensions égales soient prises dans la partie du tronc ou à la cime de l'arbre;

2° Ce rapport est également observé dans la comparaison des bois d'espèces différentes, ainsi que dans ceux de la même espèce dont le poids varie seulement;

3° Les bois les plus pesants sont les plus forts;

4° Dans les arbres qui n'ont pas atteint le maximum de croissance, le bois du cœur est plus dur que celui de la circonférence;

5° Au contraire, il est moins dur dans les arbres sur le retour;

6° Dans les arbres en pleine croissance, la densité et la dureté sont les mêmes au cœur et à la circonférence;

7° Plus les couches de bois sont serrées, plus il est fort et pesant;

8° Enfin, dans les arbres, le côté exposé au nord est le plus faible.

La table ci-après indique les poids spécifiques des bois les plus ordinairement employés. Nous les rapportons ici comme des moyennes déduites de toutes les expériences qui ont été faites à ce sujet. On pourra, avec certitude, en faire usage dans les constructions où l'on croira nécessaire d'en tenir compte.

ABLE *indiquant le poids spécifique de quelques espèces de bois, et le poids d'un mètre cube, le poids de l'eau étant pris pour unité.*

NOMS DES ARBRES.	POIDS SPÉCIFIQUE.	POIDS D'UN MÈTRE CUBE en kilogrammes.
Aulne commun. . . .	0.800	800
Charme commun. . .	0.752	752
Châtaignier.	0.685	685
Chêne commun. . . .	0.934	934
Chêne vert.	0.993	993
Cœur de chêne.	1.170	1170
Frêne.	0.845	845
Hêtre.	0.852	852
Marronnier d'Inde. . .	0.606	606
Mélèze.	0.543	543
Noyer.	0.670	670
Orme.	0.800	800
Peuplier blanc.	0.529	529
— de la Caroline.	0.450	450
— d'Italie.	0.383	383
— noir.	0.462	402
Pin du Nord.	0.730	730
Platane.	0.700	700
Sapin.	0.660	660
Saule.	0.480	480
Tilleul.	0.604	604

Le poids du mètre cube ou stère de bois, indiqué dans cette table, suppose que ce cube est entièrement solide et qu'il n'y existe ni vide, ni intervalles, autrement, pour avoir le poids d'un assemblage de pièces, il vaudrait mieux en établir d'abord la cubature, puis peser directement, mais la table peut être utilisée toutes les fois qu'il s'agit de déterminer le poids d'une pièce solide dont on aura pris d'abord la cubature.

D'après cela, si on veut trouver tout de suite le poids d'une pièce d'un équarrissage donné, sans la peser, il suffit de multiplier son volume exprimé en mètres cubes par le nombre correspondant dans la table. Soit, par exemple, une

poutre de chêne de 4 mètres de longueur, sur 25 centimètres de largeur, et 22 centimètres de hauteur, son volume sera exprimé par $4 \times 25 \times 22 = 22$ centimètres ou 200 décimètres cubes : son poids sera donc 1170 kilogr. $\times$ 22 ou bien 257 kilogrammes 40 centièmes.

Quant aux bois ronds, leur poids se détermine avec la même facilité que l'on connait leur volume.

Soit, en effet, un sapin dont le diamètre moyen soit de 24 centimètres et la longueur 21 mètres. La section moyenne de cet arbre sera d'environ 452 centimètres carrés, et sa solidité, ou son volume, de $0.452 \times 21 = 9^{m.c.}5$ ou 9 stères et demi. Or, comme le poids spécifique du sapin est 660, il en résulte que ce sapin pèse 6,270 kilogrammes.

Ces exemples suffisent pour faire comprendre la méthode qui sert à trouver le poids des bois, quelles que soient leurs dimensions et leurs formes, quand on connait leur volume et leur poids spécifique.

TROISIÈME PARTIE.

THÉORIE DES FORCES ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

SECTION Ire.

Théorie des Forces.

C'est seulement au moyen de la connaissance de la composition et de la résolution, ou décomposition des forces, que le charpentier peut arriver à exceller dans l'art de combiner les assemblages des bois employés dans les constructions des maisons, des machines ou des autres objets qui sont du ressort de la charpenterie : sans cette connaissance, il lui est impossible de savoir quelle est la disposition qui doit être préférée dans chaque circonstance, et de pouvoir même reconnaître si une disposition adoptée par lui atteindra ou non le but qu'il s'est proposé.

La première chose à faire pour arriver à cette connaissance, est de chercher à acquérir de justes notions sur l'action des forces et sur leurs diverses décompositions.

Un corps pesant exerce toujours une force égale à son propre poids, et c'est dans la direction verticale que cette force agit. Tout corps doit donc descendre en suivant une ligne verticale, à moins qu'il n'en soit empêché par quelque autre force, et celle-ci est toujours la même, quant à ses effets, que si elle agissait verticalement de bas en haut.

Quand un corps pesant P (pl. I, fig. 1) est soutenu par deux poutres AC et BC, ses effets sur ces poutres dépendent de leurs positions. Plus les extrémités A et C sont écartées, plus l'effort sur les poutres est considérable, et inversement. Ici, il est évident que le poids se décompose, ou se résout lui-même en deux autres, l'un dans la direction de CA, et l'autre dans la direction de CB.

Nous allons donc passer maintenant à ce qui a lieu dans la composition et dans la décomposition des forces.

Composition et résolution des forces.

La *résolution des forces* consiste à trouver deux, ou plus de deux forces qui, en agissant dans de certaines directions

différentes, balancent ou produisent de concert le même effet qu'une force unique quelconque qui serait donnée. Ici le poids P peut évidemment être supporté par une force verticale qui agirait dans la direction cC, et qui serait égale à ce poids. Il est évident aussi que cette force pourra être décomposée en deux autres qui agiraient de B et de A vers C, dans la direction des poutres, pourvu qu'à elles deux, elles produisent le même effet que la force verticale qui agirait dans la direction cC.

La *composition des forces* consiste à trouver une seule force qui produise le même effet que deux, ou plus de deux forces agissant dans des directions différentes. Ceci n'est évidemment rien de plus que le problème réciproque de la résolution des forces, et il se résout d'ailleurs de la même manière.

Si, par le centre du poids, on tire une verticale Cc, puisqu'on mène ca parallèle à CA, ainsi que cb parallèle à CB, il existera, entre le poids P et les deux pressions dans lesquelles il se résout suivant les poutres, des relations qui sont exprimées par les deux proportions :

$$\frac{Cc}{Cb} = \frac{\text{le poids P}}{\text{la pression sur la poutre AC}};$$

$$\frac{Cc}{Ca} = \frac{\text{le poids P}}{\text{la pression sur la poutre BB}}.$$

Ceux qui sont initiés aux principes de la mécanique élémentaire, reconnaîtront sans peine celui des principes de cette science dont les deux proportions ci-dessus ne sont que la conséquence ou la traduction : les autres pourront s'assurer de leur véritable signification, et ils se familiariseront avec le principe important d'où elles dérivent, en ayant recours à l'expérience suivante.

Qu'ils passent un cordon ou fil de soie sur la gorge des deux poulies B et C (fig. 2) ; qu'ils attachent ensuite des poids connus aux extrémités b et c, et qu'au moyen d'un nœud fait en A au premier cordon, ils y suspendent un troisième poids P, attaché lui-même à un nouveau cordon : si le poids P est plus grand que la somme des poids b et c, il y aura toujours une certaine position dans laquelle l'assemblage se trouvera en repos ; et si en tirant l'un des poids, le système se trouvait dérangé de cette position, il la reprendrait sur lui-même, aussitôt qu'on laisserait les poids exercer leurs forces en toute liberté. On reconnaîtra par là que, dans cette position, mais rien que dans cette position,

les poids se balancent entre eux, ou comme on dit encore, qu'ils se font équilibre. Maintenant, si l'on reporte sur le papier les directions que prennent les cordons quand leurs poids se balancent ainsi, et qu'au moyen d'une échelle, on donne à la ligne AF la longueur correspondante au nombre des kilogrammes contenus dans le poids P; si on prolonge la ligne BA vers le point E, et que par le point F, on mène FE parallèle à AC : alors FE, mesurée à l'échelle employée, indiquera le nombre des kilogrammes contenus dans le poids P : celui des kilogrammes contenus dans *b* sera de même indiqué par la mesure à l'échelle de la droite AE.

Quand les trois poids sont égaux, les trois lignes AF, FE et AE sont égales, et les angles formés par les cordons autour du nœud qui les sépare sont pareillement égaux. Chacun d'eux est alors de 60 degrés.

Généralement, toutes les fois que les directions de trois forces sont dans un même plan et qu'elles concourent en un même point, si ces forces sont en équilibre, elles sont représentées en grandeur par les trois côtés d'un triangle dessiné parallèlement aux directions des forces.

Conséquemment, si un corps est tenu en équilibre par trois forces, et que deux quelconques de ces forces soient représentées en grandeur et en direction par deux des côtés d'un triangle, le troisième côté du triangle représentera la grandeur et la direction de la troisième force.

Ainsi, puisque les côtés d'un triangle sont proportionnels aux sinus des angles qui leur sont opposés, et que d'un autre côté, trois forces en équilibre peuvent toujours être regardées comme les trois côtés d'un triangle aisé à construire, on voit que dans le cas de l'équilibre de trois forces agissant au même point, chacune des trois forces est proportionnelle à l'angle formé par les directions des deux autres. De cette manière on a (fig. 2):

$$\frac{\text{poids P}}{\sin \text{AEF}} = \frac{\text{poids } b}{\sin \text{AFE}} \text{ ou } \frac{\text{P}}{b} = \frac{\sin \text{AEF}}{\sin \text{AFE}}$$

d'où on tirerait aisément la valeur du poids *b*.

Il est bon toutefois de remarquer que les dessins de constructions étant toujours établis sur une certaine échelle, on peut se servir de la même échelle pour obtenir graphiquement les valeurs des forces inconnues, ainsi que celles des directions que l'on ne connaîtrait pas : ce procédé graphique est même souvent préférable dans la pratique aux opérations numériques exigées pour le calcul des termes inconnus des proportions ci-dessus.

Ces observations faites, revenons à la combinaison des forces de la figure 1. Supposons tracée la verticale C*c*, et rendue égale en mesure à la force P, au moyen de l'échelle du plan, ce qui se fait en lui donnant autant d'unités linéaires qu'il y a de kilogrammes (ou autres unités) dans le poids P. Si on mène alors *cb* parallèle à CB, et *ca* parallèle à CA; alors C*b*, mesurée à l'échelle, indiquera le nombre des kilogrammes (ou autres poids) contenus dans la pression que supporte la poutre CA. De la même manière, C*a* donnera la mesure de la pression supportée par la poutre CB.

Ces pressions qu'on vient de trouver ne subiraient aucune altération dans leurs valeurs, si l'on rallongeait ou si l'on raccourcissait les poutres, pourvu qu'il n'y ait rien de changé dans leur position relative; mais il est bon de savoir que la résistance que ces mêmes poutres peuvent opposer aux pressions qu'elles supportent serait beaucoup amoindrie par l'augmentation de leur longueur, comme on le verra plus tard. Contentons-nous donc de faire remarquer ici que si une poutre était beaucoup plus longue que l'autre, dans un assemblage en forme de ferme, la situation de la ligne de direction du poids serait un peu différente de celle qu'on lui aurait voulue; parce qu'une poutre de 4 mètres de long se comprime deux fois plus qu'une poutre qui n'aurait que 2 mètres de longueur. Cette différence doit donc produire un changement relatif dans les directions présumées des forces. De plus, si la poutre qui doit résister à une pression dans la direction de sa longueur est assemblée en plusieurs endroits, elle travaillera évidemment plus que si elle n'avait de joints qu'à ses extrémités. On peut même ajouter que plus le nombre des assemblages sera grand, plus le travail de la poutre le sera proportionnellement, si d'ailleurs les assemblages sont tous également bien faits : cela tient à ce qu'il est impossible de faire un assemblage qui ne travaille pas à un certain point.

Les changements de forme dans un assemblage ou système de poutres, augmentent toujours les effets du poids et produisent souvent des tassements accompagnés des plus fâcheuses conséquences, quand on ne les a pas prévus et qu'on n'a pas travaillé dans cette prévision.

Influence de la position des poutres. — Si l'on changeait la position de la poutre CB; si, par exemple, on lui donnait celle indiquée par la ligne ponctuée CE, la grandeur de l'effort exercé sur les deux poutres serait considérablement accrue. Si l'on tire en effet, comme précédemment, par les extrémités de la droite C*c*, qui représente la charge P, des

lignes parallèles aux nouvelles directions des poutres, la pression sur la poutre nouvelle CE, étant mesurée par C *d*, au lieu de l'être par C *a*, sera évidemment beaucoup augmentée, et l'effort sur la poutre ancienne CA sera presque doublé, parce que ce sera maintenant C*e*, au lieu de C*b*, qui le représentera.

Ceci montre quelles énormes pressions on peut faire produire à une force très-petite comparativement, rien que par un simple changement dans la disposition des poutres qui la reçoivent. Le lecteur fera donc bien de s'attacher à l'étude de ces changements, au moyen de divers tracés de charpente, pour chacun desquels il déterminera graphiquement la valeur de la pression reçue par chacune des pièces du système, tel qu'il est désiré. Il fera bien aussi de comparer ces résultats avec ceux qu'on eût obtenus, si les poutres avaient été disposées un peu différemment.

Au lieu de placer le poids sur le point où les poutres se réunissent, supposons que les poutres soient assemblées à une pièce de bois CE (fig. 3), et que le poids s'y trouve suspendu en E, les pressions se propageront encore comme précédemment et se mesureront de la même manière; c'est-à-dire que si C*c* représente le poids P, la pression dans la direction de CA sera représentée par C *b*, et la pression dans la direction de CB, par la longueur de la droite C*a*.

Dans ce cas de la figure 3, CE remplit l'office du poinçon dans une ferme.

Jusqu'ici, les extrémités des poutres A et B, dans les figures 1 et 3, ont été considérées comme supportées par un obstacle insurmontable. Quand de pareils obstacles ne s'y rencontrent pas, elles ont évidemment une tendance à s'éloigner l'une de l'autre, et il faut, pour les en empêcher, les réunir ou relier l'une à l'autre par une corde, une tringle de fer, ou une autre poutre, qui remplisse à peu près la fonction de l'entrait dans une ferme. Nous disons à peu près, parce que l'entrait d'une ferme a non-seulement pour but de s'opposer à l'écartement des arbalétriers, mais qu'il est encore, presque toujours en même temps, destiné à supporter un plancher, office qu'une corde, ou même une tringle de fer ne remplirait pas comme lui.

La figure 4 représente un assemblage de cette espèce. AB y est l'entrait qui s'oppose à l'écartement des extrémités inférieures des poutres CA et CB. C'est la forme générale d'une ferme.

L'effort sur l'entrait s'y trouvera en tirant *bf* parallèle à l'entrait AB. Alors, si C*b* représente le nombre des unités

de poids qui pressent dans la direction de CA, la ligne *bf* mesurée à la même échelle sera égale à l'effort exercé sur l'entrait AB dans la direction de sa longueur. L'effort égal et opposé exercé en B est mesuré de même par la droite *ae* égale à *bf*.

Si la charge, et conséquemment le poinçon, se trouvent au milieu de la ferme, les pressions sur les murs sont égales; mais quand il en est autrement, l'une des deux pressions est plus grande que l'autre, et le point *f* divise la ligne C*c* en deux parties qui sont proportionnelles à ces pressions; C*f* étant la pression sur le mur en A, et *fc* la pression sur le mur en B, quand C*c* représente le poids total.

Lorsqu'il y a manque de hauteur ou que le poids se trouve distribué sur une partie considérable de la ferme d'assemblage, on doit lui donner la forme indiquée par la figure 5. Alors, les efforts exercés en C et D sont égaux, quand la figure est symétrique des deux côtés; si, au contraire, la charge ne correspond pas avec le milieu de l'ouverture, il faut, de l'un des points de la verticale qui correspond au centre de la charge, tirer des lignes aux points de support, dans une direction convenable pour obtenir la longueur C*d* de la pièce à interposer entre les poinçons secondaires CE et *df*.

Dans l'un et l'autre des deux cas, l'effort sur chaque pièce se trouvera en établissant C*c* comme mesure de la pression exercée en C; puis, en menant de *c* des lignes parallèles aux poutres AC et CD. Alors C*b* représentera l'effort sur AC, et C*a*, l'effort sur CD. Si les deux côtés de la ferme étaient dissemblables, le poids total étant représenté par C*g*, en tirant *gb* parallèle à *d*B, on aurait dans *bg* la mesure de l'effort sur *d*B; les autres forces étant comme avant.

Leviers d'assemblage.

Supposons que l'on ait renversé la figure 4 et qu'elle soit alors supportée en C, comme on le voit sur la figure 6. Supposons encore que l'on y ait suspendu en A et en B des poids qui se font équilibre. Alors, le rapport ou la proportion des efforts sera tout-à-fait le même ou la même que précédemment. Ceci montre combien il est facile d'obtenir un puissant levier avec un assemblage de charpente, et contribuera aisément à familiariser le lecteur avec la nature des efforts que supporte une poutre qui remplit l'office de levier.

L'entrait AB est évidemment ici dans un état de tension, tandis que les poutres AC et BC sont comprimées. La même chose a lieu pour la poutre verticale soutenue en C. La par-

de voisine du support C est comprimée, tandis que le côté opposé est dans un état de tension. On voit donc que dans tous les cas c'est le même principe qui règle l'équilibre de la matière, et que toutes les forces agissent toujours suivant la même loi.

Il faut remarquer que, quand la disposition d'une ferme de charpente est renversée, comme dans la figure 6, et que l'entrait est parfaitement raide, il n'y a pas d'effort d'exercé sur la pièce CE; mais si l'entrait était de la forme indiquée par la ligne ponctuée A*g*B, la pièce *g*EC serait comprimée; tandis que la pièce *h*C serait dans un état de tension, ou tirée dans le sens de sa longueur, si l'entrait était de la forme indiquée par la seconde ligne ponctuée A*h*B.

Les figures 7 et 8 sont des applications faites des principes précédents, à la construction des grands leviers ou balanciers en charpente. L'un (fig. 7) est du célèbre Watt, l'autre (fig. 8) de M. Hornblower. Tous deux ont été construits pour des machines à vapeur de simple action.

Nouvelles explications sur l'influence de la position des poutres, sur la nature des efforts qu'elles supportent.

Pour prendre un autre exemple, supposons un assemblage de deux poutres fixées contre un mur (fig. 7); admettons que le poids P soit suspendu au point de jonction C des deux poutres CA et CB. Dans cette disposition, la poutre CA sera dans un état de tension, et la poutre CB sera comprimée. Pour évaluer le montant de ces forces, tirez la droite C*c* dans la direction que suivrait le poids s'il était libre, c'est-à-dire dans une direction verticale, et après avoir pris C*c* proportionnel à la charge P, tirez de *c* des droites parallèles à chaque poutre et prolongez-les jusqu'à la rencontre de l'autre en *a* et *b*. Alors C*b* mesurera la compression de CB; et C*a* la tension supportée par CA.

Leviers composés.

Supposons que l'on ait renversé la figure 4, et que l'ayant fait porter sur l'extrémité C de la pièce verticale, on lui ait donné la disposition indiquée par la figure 6; si des poids P et Q y sont suspendus aux points A et B, et que ces poids aient été choisis de façon à se faire équilibre, il est évident que les efforts exercés sur les différentes parties du système auront entre eux les mêmes relations qu'auparavant, c'est-à-dire que l'entrait se trouvera tiré également dans les deux sens et que les deux poutres inclinées CA et BC seront également comprimées dans le sens de leurs longueurs.

L'inspection seule de la figure fait d'elle-même pressentir tout le parti qu'on en a pu tirer pour confectionner de puissants leviers en charpente, comme ceux dont il va être bientôt question. Mais il est bon de faire remarquer auparavant que, dans toute disposition de charpente qui ressemble à une ferme renversée, si l'entrait est d'une parfaite rigidité, c'est-à-dire totalement inflexible, il n'y a pas d'effort d'exercé en E sur le poinçon renversé. Si l'entrait avait ou prenait la forme indiquée par la ligne ponctuée A*g*B, le même poinçon serait comprimé en *g*. Si l'entrait avait au contraire la forme indiquée par la seconde ligne ponctuée A*h*B, le poinçon serait tiré de bas en haut au point *h* par l'action combinée des deux parties de l'entrait, tandis qu'il subirait en C une traction en sens contraire qui résulterait de la double compression des pièces inclinées AC et BC.

Différentes dispositions ont été adoptées pour la confection des leviers composés. Watt a construit le sien au moyen d'une barre continue ACDB, maintenue à une certaine distance du centre par deux pièces aboutissant en C et D, comme on le voit sur la figure 7. Hornblower a construit le sien sur le même principe en adoptant la disposition de la figure 8.

Soit C*c* la mesure du poids qui doit être soulevé par l'extrémité A du levier, C*b* sera l'effort suivant CA, tandis que C*e* sera l'effort suivant CD : d'un autre côté, C*d* sera l'effort suivant la ligne ou pièce qui va de C au centre, et *bc* sera la mesure de celui qui est exercé sur AB. Les deux premiers efforts sont des efforts de tension, et les deux derniers des efforts de compression.

Les deux leviers ci-dessus sont des leviers à simple action employés dans les machines à vapeur. Dans les leviers à double action, les mêmes pièces étant alternativement tirées et comprimées doivent être disposées de façon à pouvoir résister à ces deux genres d'efforts.

Considérations nouvelles sur l'influence de la position des poutres.

Pour montrer un nouvel exemple de cette influence, soit (fig. 9, pl. 1) une disposition de charpente fixée contre un mur, et P un poids connu suspendu au point C où se rencontrent les pièces de bois CA et CB. Dans cet assemblage, CA est tirée et CB comprimée.

Pour calculer le montant de ces deux forces, tirez la droite C*c* dans la direction suivant laquelle se mouvrait le poids s'il était en liberté. Prenez ensuite la distance C*c* propor-

tionnelle au poids P et tirez, par le point c, la ligne cb parallèle à CA, ainsi que ca parallèle à CB : alors si vous mesurez à l'échelle les lignes Cb et cb, vous aurez dans l'une la valeur de la pression exercée sur CB, et vous aurez aussi dans l'autre, c'est-à-dire dans cb, la valeur de la tension exercée sur la poutre CA.

Si l'on changeait la position des poutres, si on les disposait comme on les voit dessinées sur la figure 10, la poutre BC agirait encore à la façon d'un aisselier, c'est-à-dire que la charge P aurait une tendance à la comprimer. On doit voir en effet que nonobstant sa position inclinée, la poutre BC ne saurait être remplacée par une corde, ce qui aurait lieu dans le cas où elle ne subirait qu'un effort de tension.

Dans la figure 11, la poutre AC est encore dans un état de tension, quoiqu'elle aille en montant au lieu d'aller en descendant comme dans la figure 8, et quoiqu'elle paraisse remplir ici l'office d'entrait renversé. On doit voir en effet qu'on peut remplacer la poutre par une corde.

Dans chacun des cas représentés par les figures 9 et 10, les énergies des différents efforts exercés sur l'assemblage se doivent estimer de la même manière que dans le cas de la figure 8. Or, comme on a pris pour représenter le poids P des longueurs égales dans les trois figures, rien n'est plus facile, en comparant entre elles les nouvelles longueurs des droites Cb et cb avec ces deux lignes de la figure 8, de voir dans quelle proportion considérable ont été augmentés les efforts exercés sur les poutres CA et CB par une simple altération dans la position de ces deux parties de l'assemblage. Les efforts les moindres de tous étant ceux qui résultent de l'arrangement qui correspond à la figure 8, il s'ensuit que si l'on se reporte à la figure 6, on trouvera qu'un entrait suivant la ligne AgB supportera les poids avec moins de peine sur les parties de la ferme que ne le ferait l'entrait droit AB, et que plus le point g sera élevé, plus les efforts seront petits. Ceci serait également vrai pour la ferme, quand bien même on la renverserait.

Les trois dernières figures ressemblent à une volée de grue, mais l'effort qui s'exerce sur la flèche ou poinçon CB d'une grue est très-différent, comme nous allons le montrer, afin de faire ressortir quelques principes qu'il ne faut pas perdre de vue dans la construction des machines de cette espèce.

Soit DCE (fig. 13) la représentation de la corde qui, soulevant le poids, traverse la gorge de la poulie C. Il est clair que l'effort dans la direction de CD est égal à l'effort dans

la direction de CE; tandis que dans chacun des cas représentés par les figures 9, 10 et 11, il n'y avait d'effort d'exercé que dans la direction de CE.

Maintenant, si l'on prend CD (fig. 12) égale à CE et qu'on tire EB parallèle à DC, jusqu'à sa rencontre en B avec la verticale DB, il suffira de tirer la diagonale CB pour avoir la direction de la poutre qui balancerait les forces agissant dans les directions de CD et de CE, et ce serait en plaçant une poutre dans cette direction-là que l'on maintiendrait les deux forces ci-dessus avec le moins d'effort possible : il faudrait toutefois recourir, pour la maintenir en C, à l'emploi d'une poutre telle que la poutre AC.

Si l'on donnait à la poutre CB une direction autre que celle de la diagonale du parallélogramme construit sur les directions des cordes CD et CE, on augmenterait l'effet des forces de tension et cet effet varierait avec la position des poutres qui serviraient de support au système. Si l'on donnait, par exemple, à la poutre inclinée CB, la position indiquée par la ligne ponctuée CB_1, les deux poutres AC et B_1C seraient en même temps dans un état de compression, et si la verticale Ca représente l'intensité du poids P, la droite Cb représentera la pression exercée sur la poutre inclinée dans la direction de CB_1, la ligne ba représentera en même temps l'effort de pression exercé sur CA.

Supposons à présent que ce soit la direction de CB_2 que l'on ait donnée à la poutre inclinée. Dans ce nouveau cas, la poutre CB_2 sera encore comprimée, et la pression qu'elle subira sera presque doublée. La poutre AC sera aussi dans un état de tension considérable. Cette dernière disposition est donc la plus défectueuse de toutes celles qui peuvent être adoptées, et c'est pourtant celle-là que l'on adopte le plus souvent pour les grues de ce genre. Si Ca représente le poids P, Ce, dans la nouvelle hypothèse, représentera la tension de la poutre CB_2, et la droite ea sera la tension de la poutre AC.

Ce qui précède montre de quelle importance est la position de la poutre CB, dans la construction d'une grue en potence. On voit que la meilleure position que l'on puisse donner à cette pièce de support est de la faire descendre un tant soit peu au-dessous de la diagonale du parallélogramme construit sur les directions des cordes. Soit, par exemple, DF (fig. 13) le montant, DC et CE les directions des cordons. Faites CA = CG et tirez AB parallèle à CG, ou GB parallèle à AC; en joignant CB, vous aurez la diagonale requise. Cette ligne trouvée, placez le pied de votre poutre de

support ou flèche un peu au-dessous de F où la diagonale C B rencontre le montant. Dans cette disposition, les deux poulies, ainsi que la pièce inclinée, seront à la fois comprimées et l'arrangement obtenu aura toute la stabilité qu'il comporte.

Manière de distinguer les pièces tirées d'avec celles qui sont comprimées.

Il est indispensable, lorsque l'on dessine un projet de construction aussi bien que quand on calcule la force d'une charpente, que l'on soit en état de bien distinguer les pièces qui sont tirées d'avec celles qui sont comprimées, parce que les premières doivent être continues ou protégées contre la rupture par des liens, tandis que les secondes doivent avoir toujours peu de longueur.

Or, voici un moyen aisé de ne pas confondre ces deux sortes de pièces.

Du point où la force agit, tirez une ligne dans la direction que prendrait la force si son point d'application pouvait se mouvoir en liberté. Alors si la ligne tracée tombe dans l'angle des deux pièces chargées, ces deux pièces sont comprimées toutes les deux. Si, au contraire, la droite tracée tombe dans l'angle formé en prolongeant les directions des deux poutres ci-dessus, ces deux poutres sont dans un état de tension.

Voici une autre méthode plus générale qui renferme le cas ci-dessus mentionné.

Après avoir construit sur la force agissante comme diagonale un parallélogramme ayant ses côtés dans les directions des forces résistantes, ou dans le sens des deux poutres chargées, on commence par tirer la seconde diagonale du parallélogramme, puis on mène une parallèle à cette droite par le point de rencontre des poulies. Alors il suffit de considérer de quel côté de cette droite le point d'application se mouvrait s'il était libre, attendu que les poutres situées du même côté sont comprimées, tandis que celles qui sont du côté opposé sont dans un état de tension.

La même chose serait vraie d'un plan qui passerait par le point où les forces concourent, quand trois ou plus de trois forces y aboutissent et ne sont pas dans un même plan; mais de tels cas se rencontrent rarement : c'est pour cela que nous ne considérerons ici que les exemples représentés par les figures 3, 9 et 10 qui suffiront pour rendre le lecteur apte à appliquer la méthode ci-dessus à tous les cas où les forces résistantes sont dans un même plan.

Dans toutes les figures ci-dessus rappelées, ainsi que dans

la figure 10, *Cc* est la direction de la force agissante sur laquelle, comme diagonale, a été construit le parallélogramme *Cbca*, dont les côtés sont parallèles aux poutres résistantes ou de support. Joignez le point *b* au point *a* dans chaque figure, et, par le point C, tirez la ligne ponctuée *ee'* parallèle à *ba* : alors, dans la figure 3, puisque le point C se mouvrait vers E, s'il était libre de se mouvoir, les deux poutres seront comprimées, puisqu'elles sont de ce même côté de la ligne *ee'*.

Dans les figures 9 et 10, il n'y a de comprimées que les poutres inférieures; car les supérieures y sont dans un état de tension, puisqu'elles sont, par rapport à *e'e'*, du côté opposé à la direction CE de la force agissante.

Comme l'effort exercé contre une pièce de bois est souvent produit par l'action de deux ou de plus de deux forces agissant dans des directions différentes, comme on en voit un exemple dans la figure de la grue, le moyen qu'il faut employer pour trouver une force dont l'énergie et la direction produisent l'effet de plusieurs forces réunies, est évidemment un sujet qui mérite toute l'attention du lecteur. Dans tous les cas où un effort est le produit de plusieurs forces agissant sur un point unique, la première chose à faire est évidemment de déterminer la force unique qui produirait le même résultat : il serait impossible sans cela de se rendre compte de la charge particulière qui incombe à chacun des supports.

Une force capable de produire le même effet que deux ou plus de deux forces, est ce que l'on appelle leur résultante.

Soit pris CA (fig. 14) pour représenter la grandeur et la direction d'une force agissant en C sur le corps C; CB la grandeur et la direction d'une autre force agissant sur le même corps C, pour trouver leur résultante, tirez B*b* parallèle à CA, et A*b* parallèle à CB; joignez C avec *b*, et vous aurez dans C*b* la grandeur et la direction de la résultante cherchée. Les lignes qui unissent entre eux les quatre points A, C, B, *b*, forment un parallélogramme dont C*b* est une diagonale : ainsi, chaque fois que les deux côtés consécutifs d'un parallélogramme sont parallèles en directions à deux forces et qu'elles sont proportionnelles à leurs énergies, la diagonale qui divise leur angle représente la direction et l'énergie de la force unique qui produit le même effet. Un parallélogramme ainsi construit, et dans ce but, s'appelle un parallélogramme des forces.

Maintenant, si l'on suppose que la résultante C*b* agisse en sens contraire, c'est-à-dire de *b* vers C, il est évident qu'elle tiendra les deux autres en équilibre. Il en serait de même si,

agissant dans le sens C*b*, les deux autres avaient des directions opposées. En général, trois forces sont et ne peuvent être en équilibre que quand l'une quelconque d'elles est égale et directement opposée à la diagonale du parallélogramme des deux autres forces. Deux forces ne sont donc jamais en équilibre que quand elles sont égales et directement opposées l'une à l'autre.

S'il était demandé de trouver la résultante de trois forces passant par le point C, et représentées en grandeur et en direction par les lignes CA, CB et CD (fig. 15), il faudrait d'abord construire le parallélogramme BCD*b* des forces CB et CD, ce qui donnerait C*b* pour leur résultante. Construisant ensuite le parallélogramme A*ab*C des forces C*b* et CA, la diagonale C*a* de ce nouveau parallélogramme sera la résultante demandée; car elle produira le même effet que la force CA et la force C*b*, qui déjà seule produit tout l'effet des forces CB et CD. Une force qui serait égale à cette résultante et qui agirait en sens contraire tiendrait seule en équilibre les trois autres forces CA, CB, CD.

Un procédé semblable servirait à trouver la résultante d'un nombre quelconque de forces agissant en un même point; mais quand il y a plus de trois composantes, voici un procédé plus expéditif pour arriver au même but.

Les lignes CA, CB et CD (fig. 16) représentant toujours les trois forces, par l'extrémité B de l'une quelconque des trois lignes, tirez B*a* parallèle et égale à la ligne voisine CD, puis par le point *a*, tirez *ad* parallèle et égale à la force suivante CA. Alors, si vous joignez le point *d* au point C, la droite obtenue C*d* sera la résultante demandée.

La figure B*ad*C est ce que l'on appelle un polygone des forces, parce que ses côtés représentent respectivement en grandeur et en direction les forces composées et leur résultante.

Quand on a projeté sur un plan qui coïncide avec la direction d'une force que l'on veut détruire, les différentes droites qui représentent en grandeur et en direction les forces qu'on y veut employer, l'intensité de leur résultante, qui est égale à celle de la force qui doit être détruite, peut être déterminée, d'après le précédent article, au moyen des projections des composantes.

Quand un effort est produit par une force unique, il est quelquefois utile de connaître ses effets dans une direction particulière, afin de pouvoir appliquer une résistance suffisante dans cette direction. Ainsi, quand une force agit obliquement contre un obstacle invincible dont la surface est

plane, cette force a une tendance à glisser sur le plan, parce que deux forces ne peuvent s'entre-détruire, à moins d'être égales et tout-à-fait opposées. Soit la force AC (fig. 17) agissant sur la surface polie d'un plan CB; il est évident qu'une partie seulement de cette force exercera son action dans une direction perpendiculaire à la surface du plan, et cette partie sera déterminée par la droite AB tirée perpendiculairement au plan; en même temps alors, la droite CB représentera l'intensité de la force horizontale qu'il faudra employer pour l'empêcher de glisser sur la surface unie du plan contre laquelle agissait la force oblique.

Quand deux pièces de bois sont assemblées obliquement comme dans la figure 18, la pression sur chacune des parties de l'assemblage se détermine aisément ainsi : soit DB la représentation de l'une des extrémités d'un entrait, AC la partie inférieure d'un arbalétrier, et AC la longueur qui mesure la force agissant dans la direction de cette pièce oblique. Si, dans cette hypothèse, on mène AB perpendiculaire à la ligne C*a*B du joint, cette ligne AB représentera la pression exercée sur C*a*, et la droite CB représentera la pression exercée sur l'aboutement C*d*. Il suit de là que CB sera la mesure de l'effort qui tend à entraîner la partie extrême D de l'entrait.

Il n'est pas toujours possible d'opposer à une force une force égale et directement opposée; mais il est presque toujours possible de trouver un système de deux forces remplissant le même but au moyen de la construction d'un triangle de forces construit, dans des directions convenables, sur la force que l'on veut maintenir ou équilibrer. Cette opération est l'une des plus importantes de la charpenterie.

Les limites que nous nous sommes prescrites ne nous permettent pas de nous étendre davantage sur ce sujet.

Du centre de gravité.

Dans tout corps pesant, il existe un point unique par lequel il faut le supporter si l'on veut qu'il soit en équilibre ; et chaque fois que ce point est véritablement maintenu, quelle que soit la position que l'on donne au corps, il demeure dans cette position; tandis que s'il était supporté par un autre point, il ne resterait en équilibre que dans certaines positions particulières.

Ce point unique est, pour une poutre, ce que l'on appelle le *centre de gravité* de la poutre.

Une poutre AB (fig. 19) suspendue par une clavette ou cheville en C, passant exactement par le centre de gravité

lemeure en équilibre, quelle que soit la position qu'elle aura autour du point C; que cette position soit celle indiquée par AB, ou celle indiquée par les lignes ponctuées $a\,b$, ou même celle qui serait indiquée par une autre ligne plus ou moins inclinée. La même chose aurait lieu pour tout autre corps de quelque forme que ce soit, pourvu que la direction de la force qui le supporte passe exactement par le centre de gravité.

Le centre de gravité d'un cylindre ou prisme régulier est dans l'axe du corps et au milieu de sa longueur.

Dans un triangle, le centre de gravité est, sur une ligne tracée de l'un des sommets au milieu du côté opposé, à une distance égale au tiers de cette ligne à partir de la base.

Dans un cône ou dans une pyramide régulière, le centre de gravité est sur la ligne qui va du sommet de la figure au milieu de la base et à une distance égale au quart de cette ligne à partir de la base.

La position du centre de gravité dans les différentes lignes ou surfaces planes, ainsi que dans les volumes ou solides réguliers ou non, se détermine d'après des règles générales trop compliquées pour être indiquées ici. Nous nous contenterons d'indiquer les principaux cas qui se présentent dans la pratique.

Si a désigne la droite joignant le sommet avec le milieu de la base de la figure, en appelant D la distance du centre de gravité au sommet mesurée sur la droite a :

Dans le triangle. . . . . $D = \frac{2}{3}\,a$

Dans le cône droit et la pyramide. . $D = \frac{3}{4}\,a$

Dans le segment de cercle dont la corde $=$ C, dont le rayon $= r$, et dont l'arc $=$ A. $D = \frac{2\,c\,r}{4\,A}$

Dans le segment sphérique. . . . . $D = \frac{8r - 3a}{12r - 4a} \times a$

Dans une demi-sphère. . . . . $D = \frac{5}{8}\,a$

Dans un paraboloïde. . . . . $D = \frac{2}{3}\,a$

Ces cas exceptés, pour avoir le centre de gravité, on a recours à des procédés mécaniques dont voici les plus usités.

Pour trouver le centre de gravité d'un corps à faces planes, suspendez-le (fig. 20) au moyen d'une corde AEB fixée au corps en A et B, et passant sur un pivot E. Quand le corps est en repos, prenez un fil à plomb ; laissez tomber de E une verticale, et, après l'avoir piquée et reproduite sur une surface du corps, faites glisser la corde sur le pivot de manière que le corps, toujours suspendu en E, ait pris une position d'équilibre aussi différente que possible de la précédente. Tracez de nouveau sur le corps le passage du fil à plomb qui tombe du point E. Le point où les deux verticales se croiseront serait le centre de gravité si le corps n'avait pas d'épaisseur. S'il en avait une, il faudrait faire l'opération des deux côtés et supposer le centre de gravité au milieu de la droite qui joindrait les deux points trouvés.

Autre méthode. — Mettez votre corps en équilibre sur l'arête d'un prisme triangulaire comme dans la figure 21. Piquez et tracez le passage de l'arête sur la surface inférieure de votre corps plat. Recommencez l'opération, en donnant toutefois au corps remis en équilibre une position aussi différente que possible de la précédente ; piquez et tracez le nouveau passage de l'arête, et vous aurez, à la rencontre de vos deux droites, la position sur la face inférieure de la verticale qui passe par le centre de gravité.

Les autres procédés qui peuvent être employés reposent tous sur un même principe que voici : quand un corps suspendu par un point est en équilibre, la verticale qui passe par le point de suspension passe aussi par le centre de gravité.

Pression sur les poutres inclinées.

Soit AB (fig 22, pl. I) une poutre appuyée contre un mur vertical BD, et C son centre de gravité : son extrémité inférieure aboutissant à la saillie d'une entaille pratiquée en A dans une pièce horizontale AD. A travers le centre de gravité C, tirez la droite verticale *ce*, et menez par le point B la droite B*c* perpendiculairement à BD, jusqu'à sa rencontre en *c* avec la ligne *ce*. Si alors vous joignez A*c*, ce sera la direction de la pression contre l'aboutement en A, et si la direction de l'entaille est perpendiculaire à la droite *c*A, la poutre n'aura pas de tendance à s'en échapper.

De plus, si pour représenter le poids de la poutre on prend à l'échelle une longueur proportionnelle *ce* et que l'on tire *ea* parallèle à *c*B, cette droite *ae* représentera la pression contre le mur en B, tandis que *ca* mesurera l'effort contre l'aboutement de l'entaille en A.

La poussée horizontale au même point A est également mesurée par la droite $e\,a$; elle est ainsi égale à la poussée horizontale contre le mur en B. Les efforts exercés sur les différentes parties d'un appentis ou d'un hangar se déterminent par le procédé ci-dessus.

Soit maintenant A D (fig. 23) une surface plane et unie, et BD un mur vertical de la même nature; l'effort que la poutre inclinée A B exercera horizontalement à son extrémité inférieure A se trouvera par la relation : l'effort horizontal en A $= \frac{P \times m \times \text{cosin } A}{h}$ en appelant P le poids; m, la distance A C du centre de gravité à l'extrémité A; a, l'inclinaison de la poutre sur le plan horizontal, et h la hauteur B D de l'extrémité supérieure B de la poutre AB.

Si, au lieu de connaître la hauteur h de l'extrémité supérieure, on connaissait la longueur l de la poutre, on trouverait sa poussée en calculant la fraction $\frac{P \times m \times \cos a}{l \times \sin a}$, ou, si on veut encore, on mènera la perpendiculaire C E, et l'on désignera la distance AE par la lettre b; alors la poussée horizontale sera donnée par l'expression $\frac{P \times b}{h}$, c'est-à-dire que cette poussée est égale au poids multiplié par la base AE et divisé par la hauteur B D. La poussée horizontale varie donc en proportion directe de AE et en proportion indirecte de B D.

Quand les chevrons d'une ferme sont uniformément chargés, il y a évidemment un angle sous lequel la pression oblique A c (fig. 22) a le moins de force possible; car le poids de la couverture augmente avec la longueur du chevron, et la pression oblique augmente avec sa petitesse. Aussi a-t-on pu trouver que pour que l'effort oblique d'un chevron soit le moins grand possible, il fallait que la tangente de son angle d'inclinaison soit égale à 0.7071, ce qui correspond à un angle de 35° 16'. La poussée horizontale et la pression sur le chevron n'ont pas de minimum.

Il a été dit plus haut que l'aboutement devant être perpendiculaire à la direction de la pression. Il est bon de savoir aussi que la tangente de l'angle que l'aboutement de l'extrémité inférieure doit former avec le plan horizontal est égal à $\frac{m \times \cos a}{h}$ ou à $\frac{m \cos a}{l \sin a}$, ce qui devient $\frac{AD}{2h}$, quand

le cercle de gravité est au milieu de la longueur de la poutre, cet angle peut donc être aisément calculé.

Quand la poutre se meut entre les plans de manière que l'extrémité inférieure glisse le long du plan A D (fig. 23), tandis que l'extrémité supérieure descend le long de l'autre plan B D, le centre de gravité C de la poutre A B décrit une ellipse dont B C est le demi-axe transverse et A C l'autre demi-axe conjugué. Le seul cas où la courbe soit un cercle est celui où le centre de gravité est pris au milieu de la poutre. Dans ce cas, le rayon décrit est égal à la moitié de la longueur de la poutre A B.

Quand deux poutres tout-à-fait semblables A D et B D (fig. 24) sont placées dans la position représentée par cette figure, C et C' étant leurs centres de gravité, les pressions qu'elles exercent l'une sur l'autre à leur point de concours sont égales et opposées. Leurs poussées horizontales le sont de même, et pourront se trouver comme on l'a fait plus haut à l'occasion de la figure 22.

En général, pour avoir la poussée horizontale d'un chevron de ferme, multipliez le poids par le cosinus de l'inclinaison, puis par la distance du centre de gravité à l'extrémité inférieure, et divisez enfin ce dernier produit par la hauteur.

Soit, par exemple, un poids de 700 kilogrammes uniformément distribué sur un chevron dont l'inclinaison est de 27°, angle dont le cosinus égale 0.891. Si la distance du centre de gravité au pied du chevron égale 2m.5, et que la hauteur ou montée égale 2 mètres, on aura pour la poussée horizontale, $\frac{800 \times 0.891 \times 2.5}{2}$, c'est-à-dire 891 kilogrammes.

Quand le centre de gravité est au milieu de la longueur du chevron, la règle à suivre est encore plus simple, la voici :

Multipliez le poids par la longueur A E (ce qui dans une ferme est la moitié de son ouverture) et divisez le produit par deux fois la hauteur D E.

Quand la hauteur du faîtage d'une ferme est juste égale au quart de son ouverture, la poussée horizontale des chevrons est égale à leur charge.

Supposons actuellement un poids au point D (fig. 24), son effet sera de presser les poutres dans le sens de leurs longueurs comme nous l'avons déjà vu, et les grandeurs de ces pressions pourront être trouvées d'après les articles qui précèdent. On voit par ceci qu'une poutre qui fait partie d'une ferme ou d'un autre support oblique est souvent entraînée par deux forces, dont l'une est produite par une charge par-

ticulière de la poutre, tandis que l'autre est produite par le poids même de la poutre ou par une série de pressions uniformément effectuées sur toute sa longueur. C'est ensuite un fait bien certain qu'une poutre pressée dans le sens de sa longueur perd considérablement de sa force quand elle est soumise à un effort transverse de cette espèce. Aussi dans le cas où un chevron aurait une légère courbure naturelle, il serait préférable de tourner le côté convexe par en haut afin de neutraliser un peu la tendance à la flexion causée par le poids de la pièce.

Il est aisé de changer les directions des pressions d'une poutre en modifiant la position des surfaces qui la supportent. Si, par exemple, la poutre AB (fig. 25) était taillée de manière à bien reposer encastrée sur deux madriers de niveau en A et en B, elle n'aurait aucune tendance à glisser d'un côté ni d'un autre, nonobstant son obliquité, il n'y aurait donc pas pour elle d'effort horizontal. Le charpentier peut, dans beaucoup de cas, tirer bon parti de ses connaissances, en prévenant les efforts obliques sur les points de support ; car ces supports, bien que très-vigoureux pour résister à des efforts exercés sur eux perpendiculairement, sont quelquefois incapables de résister à la moindre force agissant obliquement. Voilà pourquoi l'on dispose les pieds des arbalétriers et des chevrons de manière qu'en s'appuyant sur les sablières, il n'en résulte pour ainsi dire aucune poussée en dehors pour les murs.

Pour trouver les pressions perpendiculaires sur les points de support, tirez la ligne horizontale $a\,b$ à travers G (fig. 25), centre de gravité de la poutre. Alors le nombre $\frac{P \times bG}{ab}$. est égal à la pression en A, et $\frac{P \times aG}{ab}$ est égal à la pression en B, de sorte que $\frac{\text{pression en A}}{\text{pression en B}} = \frac{bG}{aG}$.

SECTION II.

Résistance des Bois; stabilité dans cette résistance.

Connaître la résistance qu'une pièce de bois offre à toute force qui tend à changer sa forme est l'une des plus importantes espèces de connaissances qu'un charpentier doit chercher à acquérir. Être apte à juger du degré de cette résistance par le seul effet de l'observation, rien que dans les cas les plus communs, est une qualité qui n'exige rien moins que la pratique d'une vie d'homme dévouée tout entière à l'étude de la charpenterie. C'est d'ailleurs une espèce de connaissance qui est confinée dans la personne seule qui est parvenue à l'obtenir et qui meurt avec elle. C'est en un mot quelque chose de personnel qui ne peut se communiquer, un sentiment de rapports qu'on ne peut décrire, quoiqu'avec de la réflexion et de la pratique on parvienne toujours à le posséder jusqu'à un certain point. Nous sommes, certes, loin de désirer qu'on s'abstienne de continuer de chercher, par de soigneuses observations, à augmenter les importantes notions que l'expérience fait acquérir : aucunes ne leur sont préférables; mais il y a des cas où elles sont insuffisantes, comme par exemple quand la grandeur de l'objet se trouve beaucoup en dehors des limites habituelles de la pratique, ou bien encore, quand il s'agit de tenter de nouvelles combinaisons. Dans ce cas, il n'est pas possible de s'en référer uniquement à l'expérience, même à celle de l'homme le plus expert dans la pratique.

Il y a, d'ailleurs, beaucoup de personnes pratiquant la charpenterie qui sont heureuses de connaître quelque chose des principes de l'art de bâtir et qui n'ont pas la possibilité d'attendre, pour les acquérir, les enseignements d'une longue pratique : pour ces personnes, il n'existe rien de plus utile que des règles basées sur les résultats de l'expérience de tout le monde.

S'agit-il de déterminer la grandeur et les dimensions qu'une pièce de bois doit avoir pour qu'elle soit capable de soutenir un poids ou de résister à une pression donnée, il est évident qu'il faut consulter les lois qui régleront sa résistance : il faut même, pour tirer le plus d'utilité possible de cette consultation, examiner quelle est la nature de l'effet qui se produit dans une pièce de bois quand elle est outrechargée. Cet

effet, en général, n'est rien de plus qu'un certain degré de flexion ou courbure. Il arrive rarement à la poutre d'être absolument brisée ; mais, en général, il suffit d'une légère flexion dans une pièce de bois pour la rendre impropre au service qu'on en attendait.

Il a souvent été dit que la nature du bois était trop irrégulière pour qu'il soit possible de donner des règles ou de dresser des tables pour le calcul de leurs dimensions. On doit remarquer, néanmoins, que cette observation ne s'applique réellement qu'aux règles relatives à la force que les bois opposent à leur écrasement ; encore, même dans ce cas, il n'y a pas tant d'irrégularités qu'on se l'imagine.

La différence à faire entre les diverses sortes de bon bois est bien moins perceptible encore, quand c'est la flexion seule et non la rupture ou l'écrasement que l'on considère. En effet, les lois qui régissent la flexion des bois sont fondées sur des expériences de la nature la plus inexceptionnelle.

Il a été déjà dit qu'un changement apporté dans la disposition des pièces résistantes donnait naissance à l'action de forces nouvelles. Ceci est la cause de l'irrégularité observée par Buffon dans ses expériences ; mais, dans une pièce de charpenterie, ces changements ne sont jamais assez grands pour produire un effet sensible. Il serait d'un raffinement bien inutile de chercher à composer des règles embrassant toutes les modifications que de tels changements peuvent produire. Ces règles ne pourraient d'ailleurs être que trop compliquées pour être employées avec avantage.

Dans tous les cas où une pièce de bois est exposée à un grand effort, elle doit être de bonne qualité ; car c'est sur du bois de bonne qualité qu'ont été faites toutes les expériences qui servent de base à la théorie de la résistance des bois : mais, comme dans la charpenterie, ce que l'on a besoin de connaître, ce n'est pas la résistance exacte et absolue des poutres, mais une approximation suffisante pour ne pas se tromper trop grossièrement, on pourra toujours considérer comme bons bois ceux qui ne sont pas trop défectueux et, dans tous les cas, se tenir d'autant plus loin de la limite posée par la règle que les bois que l'on emploie sont d'une qualité plus inférieure.

Définitions et principes généraux.

Les lois de la résistance des matériaux dépendent de la manière dont ils sont attaqués par les forces, et ces manières sont au nombre de trois :

1° Quand la force tend à allonger la pièce, en la sollicitant dans le sens de sa longueur. La résistance de la poutre est une *résistance à la tension ;*

2° Quand la force tend à rompre la pièce en travers, la résistance de la poutre est une *résistance à la rupture ;*

3° Quand la force tend à raccourcir la pièce en la comprimant dans la direction de sa longueur, la résistance de la poutre est une *résistance à la compression.*

La raideur est la propriété des corps en vertu de laquelle ils résistent à la flexion. La vigueur ou la force est la propriété des corps en vertu de laquelle ils résistent à la fracture et à la rupture.

Cette distinction, entre ces deux propriétés, doit toujours être soigneusement faite, parce que les lois de la force et de la raideur ne sont pas les mêmes. Par exemple, la raideur d'un cylindre, exposé à un effort transversal, est proportionnelle à la quatrième puissance de son diamètre, tandis que sa force est seulement proportionnelle au cube de la même ligne. En doublant le diamètre d'un cylindre, on multiplie sa raideur par 16; tandis qu'on ne multiplie sa force que par 8.

Dans la charpenterie, la raideur comparative est une chose bien plus importante que la force comparative; parce que rarement on expose des poutres à des efforts qui les rompraient.

Tous les corps peuvent être étendus ou comprimés, allongés ou raccourcis, et, tant qu'on ne dépasse pas les limites ordinaires de la pratique, l'allongement ou le raccourcissement d'un corps est proportionnel à la force qui le produit: c'est-à-dire que si une force de P kilogrammes produit un allongement de l millimètres, une force égale à 2 P produira un allongement égal à $2l$. Il en serait de même des raccourcissements, si les deux forces comparées P et 2 P agissaient de manière à produire un raccourcissement par la compression qu'elles exercent. C'est sur la vérité du principe ci-dessus que repose la majeure partie du développement qui va suivre. Trouvé par l'expérience, vérifié par elle dans toutes les circonstances de la pratique, ce principe est un des faits les moins contestables, de ceux dont on ne peut donner d'autre preuve que l'expérience universelle de tous ceux qui ont voulu en vérifier l'exactitude.

Notions et principes concernant la résistance des prismes aux allongements, à la compression et à la rupture.

Quand on soumet un prisme solide à un effort extérieur de traction ou de compression, les molécules dont il se compose s'écartent dans certaines parties, se rapprochent dans d'autres et le corps subit une déformation générale, qui dépend, d'une part, de la direction et de l'intensité de l'effort, ainsi que de sa durée et du point auquel il est appliqué; d'une autre part, de la figure extérieure du corps, ainsi que du nombre, de la forme et de la disposition de ses points d'application.

Considérons, par exemple, une barre prismatique ou cylindrique ayant une longueur représentée par le nombre L et une section droite représentée par le nombre A. Supposons-la sollicitée à ses deux extrémités par des efforts égaux représentés par le nombre P, et dirigés dans le sens de ses arêtes qu'ils tendent à allonger d'une quantité l. Soit que l'on considère cette barre comme composée d'autant de fibres parallèles qu'il y a de molécules comprises dans chacune des sections A, soit qu'on la suppose partagée en autant de tranches infiniment minces qu'il y a de molécules dans chacune des fibres parallèles, on est généralement conduit à admettre les trois conclusions générales suivantes :

1° La résistance de la barre est indépendante de sa longueur absolue, et elle est proportionnelle à l'étendue de la section A;

2° Les allongements éprouvés par les différentes parties de la barre sont proportionnels à leurs longueurs primitives; de sorte que l'allongement total de la barre est lui-même proportionnel à sa longueur entière;

3° La résistance, aussi nommée réaction élastique de la barre, doit être mesurée par le rapport de la charge à l'*allongement proportionnel* qui correspond aux premiers déplacements des molécules.

Pour expliquer cette dernière conclusion, soit P la charge de la barre, L sa longueur primitive, et l l'allongement total qui résulte de la charge P; le rapport $\frac{l}{L}$ que nous représenterons par i sera l'allongement proportionnel, c'est-à-dire l'allongement de chaque partie de la barre égale à l'unité de longueur. D'après la troisième conclusion, la résistance ou réaction élastique sera mesurée par $\frac{P}{i}$. Mais,

si on appelle E la force à laquelle résiste chaque unité de surface de la section A, la résistance de la barre sera également mesurée par $E \times A$; donc $\frac{P}{i} = E \times A$. Par conséquent, l'équation $P = EAi$ kilogrammes sera la relation à employer pour calculer la valeur de la charge capable de produire un allongement donné i, par mètre, dans toute l'étendue des valeurs de P pour laquelle cet allongement i demeure sensiblement proportionnel à la charge P.

Si, au lieu de soumettre le prisme à un effort de traction, on lui en appliquait un de compression, toujours mesuré par P, mais incapable de le faire plier ou fléchir transversalement, la formule $P = EAi$ kilogrammes donnerait le poids capable de produire le raccourcissement proportionnel i.

Le nombre E, qui entre comme facteur dans la formule ci-dessus, est ce que l'on appelle *le coefficient de résistance* ou *le module d'élasticité* de la substance dont la barre est composée. C'est le poids qui serait capable d'accourcir ou d'allonger, par exemple, une barre de fer ou un prisme de chêne ayant pour section A l'unité de surface, d'une quantité précisément égale à sa longueur primitive, s'il était possible qu'un tel changement pût avoir lieu dans le premier cas sans que la barre soit anéantie, et dans le second cas sans que le nombre E changeât tout-à-fait de valeur, la force élastique se trouvant détruite bien longtemps avant.

On a réuni dans le tableau ci-contre les valeurs de E qui sont importantes à connaître pour le charpentier. On y a joint les valeurs correspondantes de i et P qui se rapportent aux limites d'allongement et de charge que l'on ne peut dépasser sans que l'élasticité du corps chargé soit altérée.

NOMS DES SUBSTANCES.	Allongement i relatif à la limite d'élasticité naturelle.	Charge P par millimètre carré correspondant à la limite d'élasticité.		Valeur E du module d'élasticité correspondant à chaque mill. carré de la section A.
Chêne.	$\frac{1}{600} = 0.00167$	2 kil.	00	1200 kil.
Sapin jaune ou blanc.	$\frac{1}{850} = 0.00117$	2	17	1300
Sapin rouge ou pin. .	$\frac{1}{470} = 0.00210$	3	15	1500
Mélèze ou larix. . . .	$\frac{1}{520} = 0.00196$	1	73	900
Hêtre rouge.	$\frac{1}{570} = 0.00175$	1	63	930
Frêne.	$\frac{1}{885} = 0.00113$	1	27	1120
Orme.	$\frac{1}{414} = 0.00242$	2	35	970
—	—	—		—
Fer en barre (1). . . .	$\frac{1}{1520} = 0.00066$	12	205	20000
Fonte de fer à grains fins.	$\frac{1}{1200} = 0.00083$	10	00	12000

(1) Nous avons cru devoir joindre le fer et la fonte au bois, pour que l'on puisse toujours faire la comparaison de la force de ces métaux avec celle des bois les plus employés dans la charpenterie.

Usage du tableau précédent.

Pour calculer, à l'aide du tableau qui précède, l'allongement que prendra un corps prismatique ou cylindrique d'une section donnée A sous l'action d'un effort donné P, divisez P

Résistance des bois à l'écrasement.

Les bois étant composés de fibres droites, unies entre elles par une force d'adhérence moindre que celle de leurs propres molécules, se comportent, lors de la rupture, d'une manière différente de celle des autres corps. Quand on les soumet à une pression dirigée dans le sens des fibres, celles-ci se refoulent d'abord aux deux bouts; elles s'infléchissent vers le dehors en formant un renflement latéral, et finissent par se séparer et s'écraser, en se ployant les unes sur les autres pour se réduire en poussière. Ceci arrive principalement quand leur longueur ne surpasse pas de beaucoup les dimensions de leur section droite; mais quand le contraire a lieu, il arrive, ou bien qu'elles se fendent longitudinalement, ou bien qu'après s'être infléchies par le milieu, elles se rompent à la manière de celles qui, leurs extrémités portant sur des points d'appui, sont chargées d'un poids en leurs milieux. Ce dernier effet n'a généralement lieu que quand leur longueur contient plus de dix fois la moindre des deux dimensions de la section transversale.

Voici, suivant Rondelet et Larennie, d'après des expériences directes, à quel poids il faut évaluer par millimètre carré la résistance instantanée des bois chargés debout, et qui s'écrasent sans s'infléchir.

Chêne de France, de.	3kil.85	à	4kil.63	
Sapin id.	3	62	5	38
Chêne anglais.	2	71		
Sapin blanc anglais.	1	35		
Pin d'Amérique.	1	18		
Orme..	0	90		

D'après MM. Gauthey et Tredgold, la limite des pressions qu'on peut faire supporter, par millimètre carré, à une pièce de bois, afin qu'elle ne se refoule pas sensiblement sur elle-même, serait :

Pour le chêne français, la face étant pressée perpendiculairement aux fibres, 2kil.300;

Pour le même, la face étant pressée parallèlement aux fibres, 1kil.60.

Dans le même cas, pour le chêne anglais, 1.08, et pour le sapin jaune autant.

Ces nombres, dit Rondelet, doivent être réduits aux 5/6, quand la hauteur est de 12 fois l'épaisseur, et à la moitié seulement, quand elle est de 20 fois l'épaisseur.

Dans tous les cas, dit le même auteur, on devra réduire les nombres à leur dixième, pour avoir la limite des efforts qu'il est permis de faire supporter d'une manière permanente dans les constructions de charpente ordinaire. Aussi la résistance, par millimètre carré, devra être regardée comme seulement égale à 0kil.40 ou même 0.30 pour le chêne chargé debout, à 0.50 ou même à 0.30 pour le sapin chargé pareillement, même quand les pièces sont très-courtes et appuyées latéralement. Lorsque les pièces seront plus longues, il faudra s'en référer au tableau que nous allons donner, page 99, de la force des supports, d'après le nombre qui exprime le rapport de leur longueur à la moindre de leurs deux autres dimensions.

Pilots. — Les pilots étant maintenus latéralement par le sol dans lequel ils sont enfoncés, on peut les charger de 30 ou 35 kilogrammes au moins par centimètre carré.

Les règles de Rondelet pour des pilots dont la longueur de fiche est de 16 fois leur diamètre, correspondent même à des charges généralement plus fortes.

Les pilots doivent être enfoncés jusqu'à ce que chacune des dernières volées de 30 coups d'un mouton pesant de 300 à 400 kilogrammes et tombant de 1m.30 de hauteur, ne les fasse plus enfoncer que de 8 à 10 millimètres.

Exemple d'un calcul à ce sujet. — Une construction dont le poids doit être de 15000000 de kilogrammes, doit être fondée sur pilotis; les pilots que l'on veut employer ont 30 centimètres de diamètre : combien en faudra-t-il? Soit x le nombre inconnu, $\frac{(0.30)^2}{4} \times \frac{22}{7}$ étant la surface de la tête de chaque pilot, $\frac{x \times (0.30)^2 \times 22}{22}$ représentera la surface en mètres carrés, et $\frac{x \times (30)^2 \times 22}{28}$ sera la même surface en centimètres carrés. Or, chacun de ces centimètres pouvant porter 35 kilogrammes, l'ensemble des pilots pourra porter un nombre de kilogrammes représenté par $\frac{x \times (30)^2 \times 22 \times 35}{28}$ ou $\frac{x \times 900 \times 22 \times 5}{4}$; et comme ce nombre doit égaler 15000000, on a, pour trouver x, la relation $\frac{x \times 900 \times 22 \times 5}{4}$

$= 15000000$, d'où $x = \frac{60000000}{900 \times 100} = \frac{60000}{99} = 606$ pilots que l'on répartira de manière à ce qu'ils supportent, autant que possible, des portions égales de la charge totale.

Cas où la poutre comprimée debout subit une flexion transversale avant de se rompre.

Quand le rapport de la hauteur à la moindre dimension de la base est un nombre supérieur à 12, le support doit être beaucoup moins chargé, parce que le prisme alors ayant une tendance à fléchir, ce n'est plus seulement à l'écrasement, mais à la flexion qu'il doit résister. Voici le tableau des charges qui correspondent aux rapports 12, 16, 20, etc.

NOMS DES CORPS.	Poids dont on peut, avec sécurité, charger chaque centimètre carré de la surface d'un support dont le rapport de la hauteur à la moindre dimension de la base =									
	12	16	20	24	28	32	36	40	48	60
Chêne fort.	25.0	21.2	17.8	15.0	12.0	10.8	9.2	7.6	5.0	2.5
Chêne faible.	8.4	7.4	6.4	5.6	5.2	»	»	»	»	»
Sapin jaune ou rouge.	35.0	28.4	24.2	20.6	17.6	15.0	13.2	11.2	7.5	»
Sapin blanc.	8.0	6.6	5.8	5.0	»	»	»	»	»	»
MÉTAUX.										
Fer.	835	710	600	500	420	350	290	240	167	84
Fonte.	1670	1420	1200	1000	840	700	580	480	334	167

Limite d'élasticité.

Pour le chêne $\left\{ \begin{array}{ll} E = 1^{kil}.340 & \text{par millimètre carré.} \\ i = 0^{m}.0007 & \text{par kilogramme.} \end{array} \right.$

Pour le sapin $\left\{ \begin{array}{ll} E = 1^{kil}.400 & \text{par millimètre carré.} \\ i = 0^{m}.006 & \text{par kilogramme.} \end{array} \right.$

Ces valeurs, qui varient avec la nature et avec les espèces des arbres, ne doivent jamais être atteintes pour éviter les déchirements.

On fera bien, en moyenne, de prendre pour les diverses espèces de bois employées dans les constructions, $P=1,200\,Ai$.

De cette manière, en faisant $i=0.006$, et $A=1$ millimètre carré, $P=0.6$, c'est-à-dire que le poids qui correspond à l'état d'élasticité est le 10e de celui de la résistance directe.

Résistance des bois soumis à un effort transversal qui tend à en opérer la rupture.

Quand un corps est soumis à un effort de ce genre, il éprouve une extension dans une partie de son étendue et une compression dans l'autre. Entre ces deux parties, il existe une file de fibres invariables.

Le calcul et l'expérience indiquent que le poids qui opère la rupture d'une pièce prismatique rectangulaire augmente en raison directe de la largeur et du carré de l'épaisseur, et en raison inverse de la longueur. En introduisant ces éléments dans une équation entre ces quantités, avec un facteur constant R dépendant de la ténacité de chaque bois et déterminé par l'expérience, on obtient des formules très-avantageuses dans la pratique.

F désignant la résistance au point de rupture,
e, la largeur horizontale,
b, l'épaisseur,
Et R, le nombre relatif à la ténacité,

On a :

Pour une section rectangulaire.. $F = \dfrac{R a b^2}{6}$

Pour une section carrée. . . . . $F = \dfrac{R a^3}{6}$

Pour une section carrée, mais dressée suivant une diagonale. $F = \dfrac{R r^3}{6\sqrt{2}}$

Pour une section circulaire. . . $F = \dfrac{R \pi r^3}{4}$

Pour une section annulaire. . . $F = \frac{R\pi(r^4 - r'^4)}{4r}$ (1).

Pour utiliser ces formules, on considère quatre cas relativement à la position des points d'appui qui supportent la pièce, et, pour chaque cas, on détermine la puissance F' qui s'applique au point de rupture en fonction de la valeur de l'effort P', et la longueur L de la poutre étant :

1° La barre encastrée par une extrémité. . $F' = PL$

2° La barre supportée en son milieu. . . . $F' = \frac{PL}{4}$

3° La barre supportée par ses extrémités. . $F' = \frac{PL}{4}$

4° La barre encastrée à ses deux extrémités. $F' = \frac{PL}{8}$

Comme, au moment de la rupture, il y a égalité entre la puissance F' et la résistance F, en égalant dans chaque cas ces deux valeurs, on aura une équation d'où on déduira aisément la valeur de P.

Il suffit pour cela de connaître la valeur de R ; car les nombres L, *ab*, *r*, etc., étant déterminés dans chaque cas, on a trouvé par expérience que, quand on prend pour unité linéaire le centimètre, le nombre R avait deux sortes de valeurs qui correspondent à deux cas distincts.

Pour qu'il n'y ait pas de déformation :

Faites R	= 140 kilog.	dans le chêne.
	= 500	dans le sapin.
	= 500	dans le fer forgé.
	= 120	dans la fonte de fer.

Les valeurs de R, au moment de la rupture, sont :

Pour le chêne, 690.
Pour le sapin, 2,800.
Pour le fer forgé, 6,060.
Pour la fonte de fer, 610.

Pour employer les formules ci-dessus, on prend habituellement des dimensions 5 fois plus fortes que ce que l'on trouve pour minimum, afin d'éviter les chances de rupture, et cela s'obtient indirectement en introduisant dans les formules à la place de P, des nombres 5 fois plus grands.

(1) *r* étant le rayon extérieur, et *r'* le rayon intérieur.

Des pressions transversales perpendiculairement à la longueur des poutres, et des dimensions à donner aux solides pressés par des forces de cette nature.

Lorsqu'une poutre est encastrée par une de ses extrémités, et qu'on veut déterminer les dimensions de son équarrissage, *si l'on tient compte du poids de la poutre*, voici la formule qu'on doit employer :

$$n a b^2 = \left(P + \frac{pc}{2}\right) c$$

Dans cette formule :

P représente l'effort exercé sur la poutre perpendiculairement à sa longueur;

c, la longueur de la partie non encastrée jusqu'au point où agit l'effort P : c'est ce que l'on appelle son bras de levier;

p, le poids du mètre courant de la poutre en kilogrammes;

b, l'épaisseur du solide, ou dimension parallèle à la direction de l'effort;

a, la largeur du même, ou la dimension perpendiculaire à *b*;

n, nombre qu'on peut, avec toute sécurité, remplacer par 100000, quand il s'agit de chêne ou de sapin; par 1000000, quand il s'agit d'une barre de fer; et par A 1250000, quand c'est une barre de fonte.

Dans ce calcul, les poids ou pressions doivent être évalués en kilogrammes, et les dimensions linéaires en mètres.

Quand on peut négliger le poids de la poutre, la formule à employer est : $n a b^2 = Pc$, dans laquelle n a les mêmes valeurs que ci-dessus.

Quand la charge est uniformément répartie, il suffit de l'ajouter au poids et d'employer la formule $n a b^2 = \frac{pc^2}{2}$ dans laquelle p représente la charge et le poids de la poutre réunis, et le nombre $n = 200000$ pour le chêne ou le sapin, 2000000 pour le fer, et 2500000 pour la fonte.

Ces formules donnent des dimensions supérieures pour le fer que pour la fonte; cependant, malgré sa flexibilité, le fer doit être préféré pour les pièces exposées à des chocs ou à des vibrations considérables.

Relation entre la largeur et l'épaisseur des poutres. — Dans les applications des trois formules ci-dessus, on peut établir *a priori* une relation quelconque entre les deux dimensions

a et b, c'est-à-dire entre la largeur et l'épaisseur de la poutre dont on s'occupe; mais quand il s'agit de charpente, il faut faire $a = \frac{5}{7} b$: à moins qu'on ne le puisse, c'est ce qui convient le mieux. Par économie, on peut refendre les pièces de bois destinées à être employées dans les constructions, et faire alors $a = \frac{1}{2} b$.

Cas où la section transversale est un carré. — Il suffit, pour passer du cas précédent à celui-ci, de faire $a = b$ dans les formules ci-dessus.

Cas où la section est un cercle. — Il faut remplacer ab^2 par d^3 et donner à n les valeurs suivantes : 59905 pour le chêne ou le sapin; 589050 pour le fer, et 736312 pour la fonte.

Poutres et solides prismatiques posés librement sur deux appuis : cas où l'on tient compte du poids de la poutre.

Par cette circonstance, la formule est encore :

$$n a b^2 = \left(P + \frac{pc}{2}\right) c$$

comme dans le cas analogue des poutres encastrées; mais ici c'est $2P$ qui représente la charge ou l'effort exercé, et $2c$, la distance entre les appuis. n=100000 pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Quand on peut négliger le poids de la poutre. — En employant les mêmes notations, la formule est : $n a b^2 = PC$, en faisant $n = 100000$ pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Quand la charge est uniformément répartie, il faut l'ajouter au poids de la poutre, représenter le tout par p, et employer la formule $n a b^2 = p c^2$, en y faisant $n = 200000$, 2000000 ou 2500000, suivant que le prisme est en bois, en fer ou en fonte.

Il y a, bien entendu, à faire ici les mêmes remarques que pour les solides encastrés, relativement au rapport à établir entre les dimensions a et b.

Cas où la section transversale est un carré. — Mêmes notations, avec $n = 100000$ pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Si la charge est au milieu. . . . . . $n b^3 = Pc$

La charge étant à des distances l et l' des points d'appui. . . . . $n b^3 = \frac{P l l'}{c}$

cas où le poids propre du corps ou bien une charge uniformément répartie sur sa longueur pourrait avoir une influence notable sur sa résistance, nous nous bornerons dans tous les exemples qui suivent, à tenir compte seulement de la charge extérieure P.

2e *Exemple.*— Quel doit être l'équarrissage d'une pièce de bois à section carrée encastrée à l'une de ses extrémités et chargée à l'autre de 2000 kilogrammes : la distance c de la charge au point d'encastrement égalant 1m.50?

La formule de ce cas donne $100000\ b^3 = 2000 \times 1.50$, donc $b^3 = 0.030$ et par suite $b = 0.311$ millimètres.

3e *Exemple.*— Quelles doivent être l'épaisseur et la largeur d'une poutre posée librement sur deux appuis, et destinée à supporter dans son milieu une charge de 3500 kilogrammes; la distance des appuis étant de 4 mètres?

Ici, P ne représente que la moitié du poids; car c'est 2P qui, dans les formules de ce cas, représente la charge 3500, de même que c'est $2c$ qui représente la distance des appuis. En supposant donc, comme il le faut, $a = \frac{5}{7}$ de b, la formule du cas devient $\frac{500000\ b^3}{7}$ ou $71429\ b^3 = Pc$, mais $P = \frac{3500}{2}$ ou $1750\ c = \frac{4^m}{2} = 2^m$, donc $b^3 = \frac{1750 \times 2}{71429}$ 0.0489, et, par conséquent, $b = 0.366$, d'où $a = 0.261$; ainsi, l'épaisseur doit être de 366 millimètres et la largeur de 261.

4e *Exemple.* — Quelle doit être l'épaisseur b d'une poutre posée librement sur deux appuis distants de 6 mètres et supportant une charge de 3000 kilogrammes par mètre courant? On a $p = 3000$ kil., $c = 6$ mètres, et si l'on pose $a = \frac{5}{7}\ b$, la formule donnera $b^3 = \frac{3000 \times 9}{142858} = 0.189$, d'ou $b =$ 0m.574 millimètres.

5e *Exemple.* — Quel doit être le côté de la section carrée d'une barre en fonte dont la longueur $2c = 1$ mètre, supportant un effort $2P = 750$ kilogrammes, agissant à des distances $l = 0^m.40$ et $l' = 0^m.60$ des points d'appui?

La formule donne $b^3 = \frac{375 \times 0.40 \times 0.60}{1250000 \times 0.50} = 0.000144$, d'où $b = 0^m.0524$, c'est-à-dire 52 millimètres $^4/_{10}$.

6e *Exemple.* — Quel doit être le côté du carré d'une pièce de bois dont la longueur $2c = 4$ mètres, supportant une charge

$2P = 12000$ kilogrammes répartie par moitiés en deux points situés à la même distance $l = 0.6$ des appuis?

La formule applicable ici donne $b^3 = \frac{6000 \times 0.6}{100000} = 0.036$, d'où $b = 0^m.330$.

7° *Exemple.* — Quel doit être le diamètre d'un arbre en fer forgé dont la longueur $2c = 1^m.5$, supportant un effort $2P = 360$ kilogrammes, agissant à des distances $l = 0.70$ et $l' = 0.80$ des points d'appui?

D'après la formule, $d^3 = \frac{180 \times 0.7 \times 0.8}{589050 \times 0.75} = 0.000228$, d'où $d = 0^m.0611$.

Formules pour calculer la flexion que prennent les corps de formes prismatiques.

Il est souvent nécessaire de calculer la flexion que prendra un support sous une charge donnée bien inférieure à celle qu'il peut porter avec sécurité, ou, ce qui revient au même, de déterminer les dimensions du corps de façon que la flexion ne dépasse pas de certaines limites. Nous ne consignerons pas ici les principes généraux de la théorie et de l'expérience sur la résistance des matériaux à la flexion. Nous nous contenterons de l'indication des formules dont l'emploi se présente le plus fréquemment. Ceux qui voudraient plus de détails à ce sujet, comme au sujet de la résistance à la rupture des arbres de couche avec noyaux en fonte, nervure, etc., trouveront tout ce dont ils pourraient avoir besoin dans l'*Aide-Mémoire mécanique et pratique*, par Arthur Morin, du Conservatoire des Arts et Métiers, etc.

En désignant par f la longueur de la flèche (1) qui sert de mesure à la flexion, et en conservant aux nombres P, p et c les mêmes significations que dans les formules analogues relatives à la résistance des poutres à la rupture, on a les formules suivantes :

Pour un solide encastré par un bout et soumis à un des efforts de flexion transversale perpendiculairement à sa longueur.

Quand on peut négliger le poids du solide, $f = \left(\frac{P \times 3/8\,pc}{n a b^3}\right) \times c^3$, dans laquelle, pour les bois, $n = 250000000$, pour le fer, $n = 5000000000$, et pour la fonte, $n = 2750000000$.

(1) Cette flèche doit être exprimée en mètres et mesurée au bout des solides pour ceux qui sont encastrés par une extrémité, et au milieu de la longueur pour les solides portés par deux appuis, ou encastrés par les deux bouts.

Quand on peut négliger le poids du solide, $f = \frac{Pc^3}{n a b^3}$ (mêmes valeurs de n). En général, une charge uniformément répartie sur un solide encastré par un bout, produit la même flexion qu'un poids égal aux $^3/_8$ de sa valeur placé à l'autre extrémité, quelle que soit la section constante du solide.

Quand le solide est cylindrique et encastré par un bout, $f = \frac{Pc^3}{n d^4}$ (n égalant 147000000 pour les bois, 2940000000 pour le fer, et 1617000000 pour la fonte).

Si le cylindre est creux, $f = \frac{Pc^3}{n\,(d^4 - d'^4)}$ (d étant le diamètre extérieur, d' l'intérieur, et n le même nombre que ci-dessus).

Solides posés sur deux appuis.

2P représentant la charge et $2c$ la distance horizontale des appuis, si la charge agit verticalement au milieu de la longueur, il faut employer les mêmes formules que dans les cas des solives encastrées par un bout.

Solide à sections rectangulaires posé sur deux appuis et chargé en un point quelconque de sa longueur, $f = \frac{P\, l^2\, l'^2}{n a b^3 c}$ (n valant 250000000 pour les bois, 5000000000 pour le fer, et 2750000000 pour la fonte : l et l' ayant leurs significations ordinaires.

Cas où l'on tient compte du poids du solide. — Si le corps était chargé d'un poids 2P en son milieu, il faudrait ajouter au poids P moitié de la charge, $\frac{5}{8}\, p \times 2c$, ou les $\frac{5}{8}$ de la charge uniformément répartie.

Solides encastrés par les deux bouts et chargés au milieu de leur longueur.

La flexion des solides situés dans ce cas est égale à 1/4 de celle d'un solide pareil librement posé sur deux appuis et soumis à la même charge.

APPLICATIONS.

1er *Exemple.* — Quelle est la flexion que prend à son extrémité une pièce de chêne encastrée par un bout et chargée à 4 mètres de l'encastrement d'un poids de 750 kilogrammes, sa largeur = 0m.20 et sa hauteur = 0m.30?

Le poids de la pièce est $pc = 800 \times 0.2 \times 0.3 \times 4 = 192$ kg., et la formule ci-dessus donne :

$$= \frac{(750 + 3/8 \times 192) \times 64}{300000000 \times 0.20 \times 0.027} = 0^m0.03, \text{ c'est-à-dire 3 mill.}$$

2e *Exemple.* — Quelle est la flexion que prend une pièce de bois de chêne de 0.40 de largeur sur 0.50 d'épaisseur, chargée de 9000 kilogrammes par mètre courant, sa longueur étant de $3^m.28$?

La formule donne $f = \frac{9000 \times (3,28)^4}{800000000 \times 0.40 \times (0.50)^3} = 0.0261.$

3e *Exemple.* — Quelle est la flexion que prend un arbre cylindrique creux en fonte, encastré par un bout et chargé à l'autre de 5000 kilogrammes, sachant que $c = 2$ mètres, $d = 0.30$, et $d' = 0.18$. La formule donne :

$$f = \frac{5000 \times (2)^3}{1764000000\,[(0.3)^4 - (0.18)^4]} = 0.0032.$$

Mais en voilà assez sur ce sujet; les limites naturelles d'un manuel ne nous permettent pas de nous en occuper plus longtemps. Rappelons seulement, pour finir, que quand on veut tenir compte du poids du solide, on doit ajouter au poids, moitié de la charge, les 5/8 de $p \times 2c$, qui représente les 5/8 de la charge uniformément répartie, et que dans le cas d'un double encastrement, avec charge et flèche au milieu, la flexion est le quart de ce qu'elle eût été si la poutre eût été simplement posée sur les appuis, au lieu d'y être doublement encastrée.

OBSERVATION.

Comme il pourrait se faire que le lecteur fût peu habitué à se servir des formules, nous avons cru devoir reproduire ici le chapitre sur la résistance des bois tel qu'il était dans les anciennes éditions.

Les bois ne sont susceptibles que d'une extension et d'une compression limitées, au-delà desquelles ils se déchirent ou s'écrasent.

Rien n'est peut-être plus difficile à apprécier que la résistance que peut offrir un solide de bois dans ses différentes situations, parce que cette résistance est toujours subordonnée à une foule de causes qui contribuent à la faire varier. Ainsi, par exemple, on a remarqué que les chênes qui croissent dans la forêt de Fontainebleau offrent moins de

résistance que ceux qui viennent des départements de l'Al-lier et de la Nièvre : les uns, quoique très-durs, se cassent avec une extrême facilité ; les autres, qui sont plus mous, présentent plus de force d'élasticité.

Buffon, Bélidor, etc., ont observé que la résistance variai avec l'état de l'air, par l'influence hygrométrique, c'est-à-dire en raison de l'humidité dont le bois se pénètre, humidité dont la quantité n'est point la même dans les morceaux pris au centre, à la circonférence, à la base, au sommet e aux branches d'un même arbre. C'est là ce qui explique le différences dans les résultats obtenus par le grand nombr d'expériences qui ont été faites sur la force des bois. Cett force dépend encore des qualités et de la nature des fibre ligneuses, de l'âge de l'arbre et de la quantité d'aubier q s'y trouve : aussi avons-nous dit, en parlant de la contextu des bois, qu'il était important de connaître la dispositio des couches concentriques qui les forment, pour bien appré-cier leur résistance, surtout quand il s'agit de pièces de pe-tites dimensions. Nous avons vu, en effet, que les réseau qui séparent les couches ligneuses sont d'une matière plu tendre, plus poreuse que ces couches elles-mêmes ; on con-çoit donc que de deux pièces de même bois et d'égales di-mensions, celle-là sera la moins résistante qui aura le moi de couches, puisqu'alors elle sera plus compacte, et que l force est en proportion du poids spécifique.

M. Navier fait remarquer avec raison que, dans les boi on doit considérer deux qualités principales : la force d'*éla-ticité*, qui est la résistance que le bois oppose lorsqu'on ve l'allonger ou l'accourcir d'une très-petite quantité ; et *résistance à la rupture*, qui est l'effort qu'il faut faire po écraser les fibres du bois en agissant par compression, pour en séparer les fibres en agissant par extension.

La force d'élasticité est importante à connaître, par qu'elle donne les moyens de calculer la quantité dont u pièce de charpente peut se comprimer, s'allonger ou fléc sous un poids donné.

La résistance à la rupture peut servir à déterminer la mite du poids qu'une pièce peut supporter. Mais, dans constructions, il faut bien remarquer qu'il s'agit moins connaître le poids qui rompt une pièce que celui dont peut la charger sans que l'altération qu'elle subit augmer avec le temps. C'est donc cette limite qu'il est important connaître, et qu'on ne peut pas dépasser sans danger.

Pour régler les dimensions des bois employés dans les co structions, on doit être assuré non-seulement que les forc

[ui agissent sur chaque pièce n'en causeront pas immédia-
ement la rupture; mais encore que l'action permanente, u fréquemment répétée de ces forces, ne produira point lans les parties des édifices des altérations qui puissent faire les progrès et en amener la destruction. L'on doit donc, utant qu'il est possible, disposer les constructions de maière à n'y laisser d'autres causes de dépérissement que celles qui dépendent des détériorations occasionnées par le temps, et s'efforcer de prévenir ces altérations par des procédés l'entretien, tels que ceux dont nous parlons dans cet ourage.

La résistance des bois présente donc deux questions bien listinctes : 1° celle où il s'agit de trouver le poids qui peut aire rompre une pièce de bois de dimensions, de position t de nature données; 2° celle où il s'agit de trouver les lifférentes flèches des courbures que prend une pièce de bois, galement de position, de dimensions et de nature données, orsqu'elle est successivement chargée de différents poids.

On peut résoudre ces deux questions d'une manière satisaisante pour la pratique, en s'appuyant des résultats d'un rand nombre d'expériences. Il est à regretter, toutefois, qu'il n'en existe point de spéciales, qui puissent donner avec certitude la limite de la charge à laquelle une pièce de bois oeut être exposée, sous la condition que cette charge ne levra pas causer une flexion qui soit capable d'altérer son lasticité naturelle; en sorte que la pièce, étant débarrassée u poids de sa charge, reprenne la forme qu'elle avait avant l'être chargée, et que la courbure n'augmente pas avec le emps. Cette condition serait cependant indispensable à remplir dans les constructions qui doivent être durables. Les raticiens prudents la remplissent, en ne faisant supporter ux bois qu'une charge beaucoup au-dessous de celle qui mènerait la rupture, ainsi que nous le ferons connaître, près avoir indiqué les différents moyens d'apprécier la résistance des bois dans les diverses positions qu'on leur donne.

De la résistance des bois considérés dans diverses positions.

Une pièce de bois peut opposer de la résistance à un effort qui tend à la faire fléchir ou à la faire rompre, et cela peut avoir lieu principalement de trois manières différentes, ainsi que nous allons le faire voir.

1° L'effort peut être dirigé perpendiculairement à la longueur de la pièce. Dans ce cas, elle peut céder en ployant, de manière que les fibres de la face inférieure ou convexe

s'allongent, et que celles de la face supérieure ou concave s'accourcissent ou se compriment : alors, la rupture résultera de la trop grande extension ou de l'allongement de certaines fibres, ainsi que de la trop grande compression ou de l'accourcissement de certaines autres dont la séparation ou l'écrasement auront été déterminés par l'effort exercé sur la pièce de bois.

2° L'effort peut être dirigé dans le sens de la longueur de la pièce, de manière à accourcir ou à comprimer ses fibres. Dans ce cas, nous remarquerons qu'elle peut céder en ployant, en rompant ou en s'écrasant.

3° Enfin, l'effort peut être dirigé dans le sens de la longueur de la pièce, de manière à l'*étendre*. Dans cette troisième hypothèse, la pièce de bois ne peut céder qu'en s'allongeant et en se rompant ensuite.

Résistance horizontale à la rupture.

La résistance horizontale à la rupture est l'effort qu'il faut faire pour rompre une pièce de bois placée horizontalement, ou comprimée parallèlement à la direction de ses fibres.

Elle dépend évidemment de la forme de l'équarrissage au point de rupture ; et la théorie et l'expérience s'accordent pour confirmer qu'elle est à la fois proportionnelle à la largeur de la pièce de bois et à la seconde puissance ou carré de son épaisseur ; de plus, les poids qui peuvent faire rompre deux pièces de même équarrissage, varient en raison inverse de la longueur de ces deux pièces.

La résistance horizontale à la rupture peut être éprouvée dans diverses circonstances :

1° En supposant la pièce fixée à l'une de ses extrémités, et en appliquant le poids à l'autre extrémité ;

2° La pièce étant dans les mêmes circonstances, mais le poids étant réparti uniformément sur toute la longueur de la pièce ;

3° En la supposant librement placée sur des appuis inébranlables, à ses deux extrémités, et en appliquant le poids en son milieu ;

4° En la supposant placée comme ci-dessus, mais le poids dont on la charge étant également réparti sur toute la longueur au lieu d'être placé au milieu ;

5° En supposant la pièce appuyée solidement et scellée par ses deux extrémités, la charge étant placée au milieu ;

6° En plaçant la pièce comme il vient d'être dit, mais la charge étant répartie uniformément sur toute la longueur.

De ces diverses positions, il résultera, comme nous l'avons

dit, qu'une pièce de bois de même nature et de même densité supportera des poids très-différents avant de se rompre. A l'aide des expériences récentes faites en Angleterre, et qui ont confirmé celles de Buffon, Parent, Girard, etc., Barlow a calculé la valeur d'une constante relative à la résistance par chaque centimètre carré de section transversale, pour différentes natures de bois; nous en avons extrait les suivantes:

Pour le bois de chêne, la constante est de.	117 kilog.
Pour le pin du Nord ou de Riga........	76
Pour le sapin pesse ou de Norwège......	115
Pour le mélèze................	70
Pour l'orme.................	71
Pour le frêne................	142
Pour le hêtre................	109

Ces quantités supposent les poids spécifiques égaux à ceux que nous avons indiqués page 67 : dans le cas où ils ne seraient pas les mêmes, il faudrait changer les quantités ci-dessus dans le même rapport que les poids spécifiques.

Barlow a donné également un certain nombre de règles, pour trouver les poids qui doivent faire rompre une pièce de bois d'un équarrissage et d'une longueur donnés, dans les différents cas que nous avons indiqués.

Première règle.

Pour le premier cas, celui où la pièce est encastrée à l'une de ses extrémités et chargée à l'autre, il faut, pour trouver le poids qui doit faire rompre la pièce, multiplier le nombre indiqué ci-dessus, et correspondant à la nature du bois qu'on veut employer, par la largeur de la pièce et par le carré de son épaisseur, puis diviser ce produit par la longueur : le quotient sera le poids cherché. Toutes les mesures doivent être exprimées en centimètres.

Premier exemple. On demande quel poids il faut employer pour rompre une pièce de chêne de 7 centimètres de largeur, 10 centimètres d'épaisseur et de 800 centimètres ou 8 mètres de longueur ?

Pour le chêne, la quantité constante est de..................	117 kilog.
La largeur multipliée par le carré de l'épaisseur est $7 \times 10^2 =$.........	700
$700 \times 117 =$.................	81900
Le poids cherché $= \frac{81900}{800} =$....	102 environ.

Deuxième exemple. On demande de trouver le poids nécessaire pour rompre une pièce de bois de mélèze, fixée à une extrémité et chargée à l'autre, ayant 8 centimètres de largeur, 11 centimètres de hauteur et 400 centimètres ou 4 mètres de longueur?

Pour le mélèze, la constante est de. . . 70 kilog.
La largeur multipliée par le carré de l'épaisseur est $8 \times 11^2 =$. 968
$968 \times 70 =$. 67760

Le poids cherché $= \frac{67760}{400} =$ . . . . 169 kil. env.

Pour le deuxième cas, lorsque le poids supporté par la pièce est réparti uniformément sur toute la longueur, il faut un poids double pour la faire rompre; ainsi, pour appliquer à ce cas la règle donnée ci-dessus, il faut multiplier par 2 le résultat obtenu.

Deuxième règle.

Pour le troisième cas, en supposant la pièce supportée librement à ses deux extrémités et chargée en son milieu, quel poids faudra-t-il pour la faire rompre?

Multipliez la quantité constante par quatre fois la largeur de la pièce et par le carré de son épaisseur, puis divisez ce produit par la longueur, le quotient sera le poids cherché.

Premier exemple. On demande quel poids il faudra employer pour rompre une pièce de chêne de 5 centimètres de largeur, 7 centimètres d'épaisseur et de 260 centimètres ou 2m 60 de longueur, supportée à chaque extrémité, le poids étant placé au milieu de la pièce?

Pour le chêne, la constante est de.. . . 117 kilog.
Quatre fois la largeur $= 4 \times 5 =$. . . . 20
Le carré de l'épaisseur $= 7^2 =$. 49
Quatre fois la largeur multipliée par le carré de l'épaisseur $= 20 \times 49 =$. . . 980
Ce produit $980 \times 1174 =$. 114660

Le poids cherché $= \frac{114660}{150}$ . . . . . 441 kil. env.

Deuxième exemple. Trouver le poids nécessaire pour rompre une pièce de bois de pin du Nord, supportée à ses extrémités et chargée en son milieu, et ayant 16 centimètres de largeur, 21 d'épaisseur et 250 centimètres ou 2m.50 de longueur?

Pour le pin du Nord, la constante est de.	76 kilog.
Quatre fois la largeur $= 4 \times 16 =$. . .	64
Le carré de l'épaisseur $= 21^2 =$.	441
Quatre fois la largeur, multipliée par le carré de l'épaisseur $= 64 \times 441 =$. .	28224
Ce produit $28224 \times 76 =$.	2145024
Le poids cherché $= \dfrac{2145024}{250} =$. . .	8580 k. env.

Pour le quatrième cas, lorsque la pièce est chargée uniformément sur toute sa longueur, la même seconde règle est applicable en doublant le résultat.

Pour le cinquième cas, si la pièce est encastrée à chaque extrémité, et la charge placée au milieu, le résultat obtenu par la seconde règle devrait être multiplié par 3 et divisé par 2.

Pour le sixième cas, lorsque la pièce est encastrée à ses deux extrémités et chargée uniformément sur toute sa longueur, il faut seulement multiplier par 3 le résultat obtenu par la seconde règle.

Il résulte de ce qui précède que les poids qui occasionnent la rupture dans les différentes circonstances que nous venons d'examiner sont :

Pour des pièces placées sur des appuis et chargées au milieu, comme.	1
Idem chargées uniformément sur toute la longueur, comme.	2
Pour des pièces encastrées aux deux extrémités et chargées au milieu, comme. . .	2/3
Idem chargées également sur toute leur longueur, comme.	3

De la résistance à la flexion des bois placés horizontalement.

Nous avons dit que la résistance à la flexion est une des choses les plus importantes à connaître dans les constructions, afin que l'action permanente ou fréquemment répétée d'un poids ne produise pas dans les charpentes des altérations qui en détruisent la stabilité. Les expériences faites récemment et en grand nombre par Barlow l'ont mis à même de calculer, pour différents bois de construction, la valeur d'une constante applicable au commencement de courbure que prennent les bois chargés d'un poids donné; et il est parvenu à établir des règles pour la solution de quelques problèmes de pratique très-importants.

Pour avoir une idée précise de cette constante, on peut supposer qu'on ait placé sur deux appuis une pièce de bois de 1 centimètre de longueur, 1 centimètre de largeur, et de 1 centimètre d'épaisseur, et qu'on ait cherché le poids en kilogrammes, qui eût pu donner à cette pièce de bois une courbure de 1 centimètre de flèche.

La valeur de cette constante est :

Pour le chêne.	407260
Pour le pin du Nord..	372775
Pour le sapin pesse ou de Norwège. . .	343730
Pour le mélèze..	280180
Pour l'orme.	096350
Pour le frêne..	461580
Pour le hêtre..	379970

La règle donnée par Barlow pour trouver les flèches de courbure des pièces de bois prismatiques à bases rectangulaires, encastrées à l'une de leurs extrémités, et chargées à l'autre d'un poids donné, est celle-ci :

1° *Multipliez la constante par la largeur et par le cube de l'épaisseur de la pièce donnée, ces mêmes dimensions étant réduites en centimètres ;*

2° *Multipliez aussi le cube de la longueur en centimètres par le poids de la charge évalué en kilogrammes, et encore ce produit par 32 ;*

3° *Divisez le dernier produit par le premier pour avoir la flèche demandée.*

Exemple. On demande quelle sera la flèche de courbure d'une pièce de chêne de 10 centimètres d'équarrissage et de 100 centimètres (1 mètre) de longueur, encastrée dans un mur et chargée d'un poids de 100 kilogrammes placé à son extrémité ?

Pour le chêne, la constante est de. .	407260
La largeur 10 $\times$ le cube de l'épaisseur 10 = ...	10000
Premier produit =	4072600000
Le cube de longueur = 100^3 = . . .	1000000
Multiplié par le poids..	100
Donne. . . .	100000000
Le second produit sera 100000000 $\times$ 32 = ...	3200000000

La flèche demandée $\frac{3200000000}{4072600000}$ = 8 centim.78.

La même règle est applicable lorsque le poids est réparti uniformément sur toute la longueur, en multipliant toutefois le second produit par les 3/8 de 32, au lieu de le multiplier par 32.

La règle pour trouver les flèches de courbure des pièces de bois supportées à chaque extrémité et chargées d'un poids donné, placé au milieu, est celle-ci :

1° *Multipliez la constante par la largeur et par le cube de l'épaisseur ;*

2° *Multipliez aussi le cube de la longueur par le poids donné; divisez alors le dernier produit par le premier pour avoir la flèche demandée.*

Exemple. On demande la flèche de courbure d'une pièce de bois de chêne de 15 centimètres d'équarrissage, supportée sur deux appuis éloignés de 6 mètres, et chargée au milieu d'un poids de 450 kilogrammes?

Pour le chêne, la constante est de. .	407260
La largeur 15 × le cube de l'épaisseur = 15^3 =.	50625
Premier produit =	20617000000
Le cube de la longueur = 600^3 =	216000000
Multiplié par le poids.	450
Donne pour second produit =. . . .	97200000000

La flèche demandée $\frac{97200000000}{20617000000}$ = 4 centim. 70.

Si la pièce était encastrée à chaque extrémité, la flèche ne serait que les 2/3 de celle qu'on a trouvée par la règle précédente.

La même règle est applicable lorsque le poids est distribué uniformément sur toute la longueur de la pièce, pourvu qu'on ait soin de multiplier la flèche trouvée par 5/8.

Tous les résultats obtenus doivent être modifiés dans le rapport des poids spécifiques, lorsque le poids spécifique de la pièce de bois dont on cherche la flèche de courbure, n'est pas le même que celui qui est indiqué page 67.

De la résistance à une pression dirigée dans le sens de la longueur des pièces de bois.

Le rapport des dimensions de la base, autrement dit de l'équarrissage d'une pièce de bois avec sa longueur, détermine si elle ploiera ou si elle rompra étant chargée d'un certain poids; c'est-à-dire que si la longueur est très-petite, relativement à l'équarrissage, elle ne cédera pas en ployant, mais elle s'écrasera : cela aura lieu toutes les fois que la longueur d'une pièce n'aura pas plus de six fois son épaisseur. Si la longueur dépasse cette limite, au lieu de s'écraser elle fléchira ou se rompra. On doit donc considérer successivement, dans les bois posés verticalement ou debout, la résistance à l'écrasement et celle à la flexion.

De la Résistance à l'écrasement.

Lorsqu'une pièce de bois de chêne est trop courte pour pouvoir ployer, la force qu'il faut pour l'écraser est de 385 à 462 kilogrammes par centimètre carré de sa base ou de son équarrissage. Pour le bois de sapin, elle varie de 462 à 538 kilogrammes, c'est-à-dire, que celui-ci est d'un cinquième environ plus fort que le premier. Enfin, une pièce de bois dont la hauteur aurait cent fois le diamètre de sa base ne pourrait supporter le moindre poids sans ployer.

Des cubes de chacun de ces bois mis en expérience ont diminué de hauteur en se refoulant sans se désunir, ceux en bois de chêne de plus d'un tiers, et ceux en sapin de moitié.

Une pièce de bois, quelle que soit sa nature, perd beaucoup de sa force dès qu'elle commence à fléchir; c'est donc cette limite qu'il faut connaître pour ne pas la dépasser. Il est conséquemment inutile de rechercher le poids sous lequel une pièce de bois posée debout romprait.

De la Résistance des bois debout à la flexion.

Comme, dans la pratique, la condition indispensable à remplir, est de ne pas charger les bois au-delà du poids qui pourrait produire un commencement de flexion, nous allons donner, d'après Barlow, les solutions de quelques questions de pratique fondées sur des expériences et sur ses calculs.

Trouver le poids sous lequel une pièce de bois rectangulaire commence à fléchir, lorsqu'elle est pressée dans la direction de sa longueur.

Règle.

1° *Multipliez la constante*

Pour le bois de chêne.	407260
Pour le pin du Nord ou de Riga.	372775
Pour le sapin pesse ou de Norwège. . .	343730
Pour le mélèze.	280880
Pour l'orme.	196350
Pour le frêne.	461580
Pour le hêtre.	379970

par le cube de la moindre épaisseur, puis par la plus grande épaisseur, et enfin ce produit par le nombre constant 0,2056.

2° *Divisez ce produit par le carré de la longueur de la pièce : le résultat de cette division sera le poids cherché.*

Exemple.

On demande le poids qu'il faut employer pour faire fléchir une pièce de chêne de 3 centimètres de largeur, 5 centimètres d'épaisseur, et 200 centimètres, ou 2 mètres de longueur?

Pour le chêne, la constante est de. .	407260
Le cube de 3 (petite épaisseur).. . . =	27
407260×27.. . . . . =	10996020
10996020×5 (plus grande épaisseur) =	54980100
54980100×0.2056 =	11303909
Le carré de la longueur de la pièce 200^2 =	40000
Le poids cherché sera $\frac{11305096}{40000}$ . . =	282 kil.60

Fourier fait remarquer que les résultats obtenus par la règle ci-dessus n'ont pas été exactement confirmés par des expériences faites avec beaucoup de soin par Lamandé, expériences d'où il semblerait résulter que les bois commencent à fléchir sous des charges moindres que celles qui sont obtenues par le calcul.

Mais comme, dans la pratique, il est prudent de rester au-dessous des charges qui pourraient occasionner un dérangement dans la stabilité d'une charpente, et que d'ailleurs il peut se rencontrer dans les bois des défectuosités qui en diminuent la résistance, on devra se conformer aux règles de Rondelet, qui prescrit de ne jamais donner en hauteur plus de dix fois le diamètre ou la largeur de la base, et de

ne compter la force d'une pièce de bois chargée verticalement qu'à raison de 50 kilogrammes par chaque centimètre carré de la surface de sa base.

Si la base d'un poteau était un rectangle, au lieu d'un carré, il faudrait, pour déterminer la plus grande hauteur à donner à ce poteau, prendre la racine carrée de la surface de la base, et la considérer comme le côté d'un carré parfait.

On trouvera à faire, dans les constructions, de nombreuses applications de tout ce qui précède, par exemple, dans l'emploi des bois placés *debout* ou *verticalement*, tels que les *pilots*, les *poteaux corniers*, les *poinçons*, etc.

De la Résistance à la rupture produite par un effort dirigé dans le sens de la longueur des fibres du bois, et tendant à allonger la pièce.

L'effet produit par un effort dirigé dans le sens de la longueur d'une pièce de bois de manière à l'*étendre*, ne peut se rapporter à aucune des lois de résistance : cependant on peut considérer comme vrai que la force avec laquelle les bois résistent à ce genre d'efforts, est proportionnelle au nombre des fibres ligneuses ou à l'aire de surface de la section transversale; en supposant, toutefois, qu'il existe une parfaite homogénéité dans les bois, et que la longueur de la pièce n'influe en rien sur la force de traction. Les expériences faites à ce sujet ont toujours donné des résultats à peu près constants : ainsi, l'on a trouvé qu'il fallait pour rompre un morceau de bois, en le tirant par les deux bouts, ou en le suspendant verticalement et le chargeant inférieurement de poids capables de rompre les fils et de les déchirer, savoir :

	kilog. par centim. carré de section transversale.
Pour le bois de chêne.	700
Pour le sapin.	840
Pour le hêtre.	800
Pour le frêne.	1200

Ainsi, pour obtenir la force de résistance à la rupture dans le sens de la longueur d'une pièce de bois de dimensions données, il faut *multiplier la surface de la base, ou la section transversale, ou l'équarrissage estimé en centimètres carrés, par le nombre correspondant à l'espèce de bois qu'on veut mettre en usage.*

On demande, par exemple, quel sera le poids qui fera

ompre une pièce de bois de chêne de 8 centimètres sur 10 l'équarrissage ?

La surface de section ou de l'équarrissage est de :

$$8 \times 10 = 80 \text{ centimètres carrés.}$$

Le poids capable de rompre un faisceau de fibres dont la section transversale et de 1 centimètre carré étant de 700 kilogrammes, le poids demandé sera donc de :

$$80 \times 700 = 56{,}000 \text{ kilogrammes.}$$

L'allongement du bois de chêne supportant une tension longitudinale de 1 kilogramme sur chaque millimètre carré de l'équarrissage est de 1/1000, et la résistance à l'allongement est évaluée à 8 kilogrammes pour chaque millimètre carré de l'équarrissage : l'on voit donc que cette résistance est plus que double de la résistance à l'écrasement.

De la flexion du bois au moment de la rupture.

Fourier a ajouté au travail de Barlow les valeurs d'une constante pour trouver la flèche de courbure au moment de la rupture. Quoique la détermination de la longueur de cette flèche ne soit pas utile dans la pratique, puisqu'il ne s'agit, dans les constructions, que de connaître le poids dont on peut charger les pièces de bois, sans occasionner une flexion sensible, nous croyons bien faire, afin de compléter toutes les questions sur la résistance des bois, de rapporter la règle suivante donnée par Fourier.

Pour trouver les flèches de courbure, au moment de la rupture, des pièces de bois supportées à chaque extrémité, *il faut multiplier une constante par l'épaisseur de la pièce, et diviser le carré de la longueur par ce produit.*

Voici les constantes pour les bois les plus en usage dans la charpente :

Pour le bois de chêne..	435
Pour le pin du Nord ou de Riga.	588
Pour le sapin pesse ou de Norwège..	588
Pour le mélèze.	514
Pour l'orme..	509
Pour le frêne.	595
Pour le hêtre.	615

Exemple.

On demande la flèche de courbure, au moment de la rupture, d'une pièce de chêne de 8 centimètres d'équarrissage et de 3 mètres de longueur?

Pour le chêne, la constante est de. . . .	435
L'épaisseur est de.	8
Premier produit =	3480
Le carré de la longueur = 300^2 =. . . .	90000

La flèche demandée sera $\frac{90000}{3480}$ = 25 centim. 86.

Si la pièce était encastrée par une de ses extrémités, la flèche serait huit fois plus grande que celle donnée par la règle ci-dessus.

Fourier fait observer qu'on ne peut, quoi qu'il en soit, accorder qu'une faible confiance à ces résultats; parce que la loi des flexions devient très-incertaine quand l'élasticité a cessé d'être parfaite, ce qui a lieu d'une manière très-sensible, au moment de la rupture.

Application des règles précédentes à la pratique des constructions.

Nous avons dit que, pour régler les dimensions des bois à employer dans les constructions, il fallait être assuré non-seulement que le poids qui agit sur chaque pièce n'en causera pas la rupture, mais encore que l'action permanente ou fréquemment répétée de ce poids, ne produira pas des altérations qui puissent faire des progrès et amener la destruction d'une charpente; qu'enfin il ne doit y avoir d'autres causes de dépérissement que celles qui dépendent inévitablement de la nature même des matériaux mis en usage.

Pour remplir cette condition, les praticiens, après avoir calculé la charge qui causerait la rupture d'une pièce de bois donnée, ne lui font supporter qu'une charge beaucoup au-dessous de celle qui amènerait la rupture, et celle qu'ils adoptent alors varie du tiers au dixième de celle-ci.

La règle du dixième est celle qui est proposée par M. Rondelet : elle nous paraît un peu trop éloignée des charges qui produiraient la rupture, pour l'admettre dans toutes les constructions; et nous pensons que, dans bien des cas, on pourrait suivre celle du tiers indiquée par le savant praticien Gauthey, règle qu'il affirme pouvoir être suivie avec confiance dans la pratique. Cette règle est d'ailleurs confirmée par les expériences de Barlow, qui s'accordent pour reconnaître que « l'élasticité a été parfaite, et que la loi des » flexions a toujours été confirmée, tant que le poids placé

» au milieu de la pièce pour produire les différentes flèches » de courbure n'a pas dépassé le tiers du poids qui causerait » la rupture. »

On peut conclure de cela qu'une pièce de bois peut supporter, sans inconvénient, le tiers du poids qui la ferait rompre.

Au reste, comme la résistance des bois peut varier, ainsi que nous l'avons déjà dit, en raison d'une foule de circonstances, c'est au constructeur à reconnaître le plus ou le moins d'homogénéité des bois qu'il mettra en usage, et de régler toujours leurs dimensions d'après l'objet et surtout d'après la durée de la charpente à établir. Ainsi, par exemple, dans un échafaudage où l'on n'a besoin que d'une résistance momentanée, on peut se rapprocher davantage de la charge de rupture, dans la détermination des dimensions des bois.

Nous terminerons ici ce que nous avons à dire relativement à la résistance des bois, parce que cela suffit pour guider les constructeurs dans toutes les circonstances où ils peuvent se trouver.

QUATRIÈME PARTIE.

SECTION Ire.

Des Assemblages.

Un assemblage est la réunion de deux ou d'un plus grand nombre de pièces de bois jointes ensemble et fixées entre elles de manière à former un tout dont les parties ne puissent se séparer que le moins possible.

Pour opérer cette réunion, on taille les pièces de bois de manière à les faire entrer les unes dans les autres, et cela se fait de plusieurs manières qui diffèrent entre elles. En général, la réunion s'effectue au moyen de *tenons* et de *mortaises*, dont la forme doit varier d'après la position des pièces entre elles, et d'après les efforts qu'elles ont à supporter.

Un tenon est le bout d'une pièce de bois diminuée d'une partie de son épaisseur; une mortaise est un trou pratiqué dans une pièce de bois pour recevoir un tenon dont elle doit avoir exactement la forme.

Dans le tracé de la figure qui doit déterminer la forme d'un tenon ou d'une mortaise, il faut éviter les angles trop aigus, parce qu'ils ont l'inconvénient de ne pas présenter une grande résistance, et qu'ils peuvent même se briser lors de l'introduction du tenon dans la mortaise, où il doit entrer de force; de plus, les angles aigus sont d'une exécution difficile, surtout dans les mortaises.

Il y a deux sortes d'assemblages : les assemblages *carrés* et ceux en *onglet*. On appelle *assemblages carrés* ceux qui servent à unir les pièces qui se rencontrent à angle droit, c'est-à-dire carrément ou d'équerre; les assemblages en *onglet* ou *anglet*, sont ceux qui servent à joindre les pièces qui se rencontrent obliquement.

Assemblage à mi-bois.

Cet assemblage, l'un des plus simples, sert à unir deux pièces de bois carrément ou obliquement; c'est celui qui se fait par *entailles* à moitié bois (fig. 16, pl. II); quand on l'emploie, les pièces réunies ne forment qu'une même épaisseur.

On arrête ces assemblages avec des chevilles ou avec des boulons de fer.

Assemblage carré à tenon et mortaise.

Un autre assemblage, également bien simple, dont on se sert pour unir les pièces de bois par leurs extrémités, est celui qu'on a représenté (fig. 12, pl. II), et qu'on nomme *assemblage carré :* il est composé d'un tenon *abcdef*, de forme rectangulaire, taillé carrément, et d'une mortaise *ghik*, dont la forme, en creux, est exactement celle du tenon qui doit la remplir sans laisser aucun jeu.

L'épaisseur du tenon doit être égale au tiers de celle de la pièce de bois dans laquelle il est pris, afin qu'il ait une force suffisante, et que la pièce où l'on doit creuser la mortaise, dans laquelle le tenon doit entrer, ne soit cependant pas trop affaiblie par une perte de bois considérable.

La profondeur de la mortaise, qui doit être égale à la longueur du tenon, est ordinairement des deux tiers de l'épaisseur de la pièce dans laquelle elle doit être creusée; dans tous les cas, elle ne doit pas dépasser les trois quarts de cette épaisseur, surtout lorsque la pièce qui porte le tenon doit être posée debout.

On appelle *jouées* ou *joues* les parties M et N qui sont de chaque côté d'une mortaise, et qui doivent avoir, comme la mortaise, le tiers de l'épaisseur de la pièce de bois.

Lorsque le tenon est enfoncé dans la mortaise, les épaulements PQ du tenon doivent toucher les joues de la mortaise ; alors on arrête l'assemblage par une ou deux chevilles de bois ou de fer. Ces chevilles doivent être placées de manière à traverser les joues et le tenon, en passant par le milieu de la longueur de celui-ci. Lorsqu'on veut mettre deux chevilles, il faut diviser la largeur du tenon en trois parties égales, pour qu'il reste des joues suffisantes autour des trous, et pour conserver la plus grande force au tenon, surtout lorsqu'il doit agir en tirant.

Cet assemblage n'a toute la solidité nécessaire que lorsque le tenon entre de force dans la mortaise.

Pour l'exécuter, il faut commencer par tracer avec beaucoup de soin, sur les deux pièces qui doivent se joindre, les lignes qui déterminent la figure du tenon et de la mortaise, afin de n'enlever que le bois inutile, et de parvenir, sans tâtonnement, à faire le tenon et la mortaise d'égales dimensions et parfaitement conformes l'un à l'autre, celle-ci en creux, l'autre en relief. Nous allons indiquer la manière de faire ce tracé, en commençant par le tenon. Soit ABCD,

etc. (fig. 27, pl. II), la pièce qui doit porter le tenon : on trace à une distance du bout de la pièce égale à la longueur du tenon, des lignes *ab*, *bc*, *cd*, et *da*, *carrément* et de chaque côté de la pièce ; on divise ensuite deux des faces opposées en trois parties égales *g*, *h*, *i*, prises sur la largeur de la pièce, celle du milieu *h* devant être réservée pour le tenon ; puis, avec une scie, et suivant le trait *bc*, on coupe alors le bois jusqu'en *k*. On fait de même sur la face *a*B, en coupant jusqu'en *n* ; on enlève avec l'ébauchoir les morceaux *i* et *g*, et on équarrit le tenon avec la besaiguë pour l'achever. Quand on veut exécuter un double tenon, il faut diviser la largeur de la pièce de bois en cinq parties égales au lieu de trois, et donner une de ces cinq parties à chacun des tenons ; on enlève alors avec la scie et l'ébauchoir, les deux parties semblables à celles du tenon simple ; puis, pour détacher la partie comprise entre les deux tenons, on perce très-près de leur épaulement, et avec une tarière, un trou qui traverse toute la pièce. On donnera ensuite deux traits de scie, en suivant les deux lignes qui séparent les tenons, et cet intervalle ne tenant presque plus à rien, on le fera partir facilement, en frappant sur le bout. Il ne reste plus alors qu'à équarrir les deux tenons avec la besaiguë.

Lorsqu'on veut faire une mortaise, et que le tenon se trouve déjà exécuté, il faut commencer par mettre en chantier la pièce de bois dans laquelle on veut creuser la mortaise, et si le tenon doit être au milieu de la pièce, on trace une ligne *ab* (fig. 28, pl. II), à égale distance des deux arêtes AC et BC, on prend ensuite la moitié de l'épaisseur du tenon qu'on porte de chaque côté de la ligne *ab*, et on trace parallèlement à *ab*, deux lignes *cd* et *ef* ; puis, prenant la largeur du tenon, on la porte entre ces deux lignes, et on a exactement la mesure du tenon. Si, au lieu de se trouver au milieu de la pièce de bois, la mortaise devait être portée plus d'un côté que de l'autre, il faudrait commencer par tirer une ligne qui fixât la position du tenon, prendre son épaisseur, et la tracer à côté de cette ligne ; car, en portant cette largeur entre ces deux lignes, on aura l'emplacement du tenon.

La mortaise étant tracée comme ci-dessus, pour opérer le creusement, il faut percer des trous *l*, *l*, *l*, *l*, très-près les uns des autres, d'abord verticalement, puis obliquement, de part et d'autre et dans tous les sens, en leur donnant une profondeur égale à la longueur du tenon ; on emploie à cet effet une tarière ou lasseret, dont la grosseur ne doit pas excéder l'épaisseur de la mortaise, que l'on équarrit ensuite intérieurement avec la besaiguë.

Si le tenon était double, il faudrait tracer ainsi les deux mortaises l'une près de l'autre, en portant exactement la largeur et l'épaisseur de chaque tenon. Ces deux mortaises s'exécuteraient séparément et de la même manière que les mortaises ordinaires.

Assemblages en about ou obliques.

Ces assemblages ne diffèrent, en général, des assemblages carrés que par leur inclinaison; on emploie, en effet, les mêmes procédés pour exécuter les uns et les autres; ainsi, ce que nous avons dit plus haut, à l'égard des assemblages faits carrément, peut servir et s'appliquer à tous les assemblages.

Assemblage à tenon avec renfort.

L'assemblage que nous venons de décrire est aussi appelé à *tenon sans renfort*, parce qu'en effet, il a partout la même épaisseur; mais les pièces qui portent les tenons ne sont pas toujours posées verticalement ou d'aplomb; souvent, comme dans les planchers, elles doivent être mises horizontalement. Dans cette position, les tenons ne pouvant être posés que sur le plat, tout l'effort est supporté par leur épaisseur; alors, pour donner au tenon une plus grande solidité, on le renforce par un petit pan coupé qui unit l'épaulement au tenon. Les figures 4, 43, 14 et 13 (pl. II) font voir la forme de ces tenons appelés *à renfort incliné*.

Pour tracer un tenon renforcé incliné (fig. 13), on divise l'épaisseur du bois en quatre parties égales. On en donne une pour l'épaulement supérieur, une pour l'épaisseur du tenon, et une pour le renfort: la quatrième forme l'épaulement inférieur à la moitié de la longueur du tenon.

Ce renfort ajoute une force considérable au tenon et à la mortaise; il convient principalement aux *chevêtres* et aux *linçoirs* des planchers. On peut aussi le pratiquer pour les solives qui s'assemblent dans ces pièces.

Assemblage à double tenon.

Pour rendre les assemblages encore plus forts, lorsque la dimension de la pièce de bois dans laquelle la mortaise doit être pratiquée le permet, au lieu d'un seul tenon et d'une seule mortaise, on en fait deux; l'assemblage, alors, est appelé à *double tenon assemblé*. Il a l'avantage d'empêcher le devers des pièces de bois. La figure 1 (pl. II) offre un exemple de cette espèce d'assemblage.

Lorsqu'on a des assemblages à faire sur les angles des

pièces de bois, tels que l'assemblage d'un poteau et d'une lisse de barrière, on les fait comme l'indique la figure 10 (pl. II). La partie A représente, vu sur l'un de ses angles, le poteau qui porte un tenon suivant l'une des diagonales; la partie B est la lisse supérieure, avec une mortaise creusée suivant l'une de ses arêtes.

Assemblage par embrèvement.

Il y a encore, pour assembler deux pièces de bois, une autre manière qu'on nomme *à embrèvement*. Cet assemblage est à tenon ordinaire; il ne diffère du précédent que par une entaille faite à la mortaise : c'est cette entaille qu'on appelle *embrèvement*, et dans laquelle les épaulements du tenon doivent entrer. On en fait usage pour réunir des linteaux, des lisses, ou des sablières à un poteau, ou bien, une contre-fiche à un poinçon, etc. On en voit un exemple dans la figure 37.

Assemblage à tenon passant.

Dans l'assemblage à tenon passant, le tenon est plus long que l'épaisseur de la pièce de bois dans laquelle on a pratiqué la mortaise, qui est alors percée tout au travers. Au-delà de cette épaisseur, le tenon est percé d'un trou carré dans lequel on fait entrer un morceau de bois que l'on nomme *clef*, et qui est plus épais d'un bout que de l'autre.

Assemblages des pièces qui se rencontrent obliquement.

Ces assemblages se tracent et s'exécutent comme les assemblages carrés, dont ils ne diffèrent que par la coupe des tenons et des mortaises qui doivent être taillés en onglet.

La figure 37 représente l'assemblage d'un tirant ou d'un entrait A et d'un arbalétrier B. On y voit *a b c d* qui est le plan de l'embrèvement ou *pas* de l'arbalétrier; *m* est celui de la mortaise; *n* est l'élévation du tenon dont l'about *op* est coupé à peu près d'équerre sur l'entrait.

La figure 35 représente les mêmes pièces assemblées, mais avec un renfort et un double tenon.

Dans la figure 36, les épaulements du tenon ont été coupés en *renfort d'équerre*, et sont emboîtés dans les entailles d'embrèvement qui ont la même figure.

Dans la figure 34, l'assemblage a un double tenon.

Enfin, les figures 40 et 41 représentent des cas analogues aux précédents, mais beaucoup plus simples.

Les figures 32, 53, 17, 2, 3, 11, représentent différentes

manières de tailler les bois dans leurs abouts pour les divers assemblages.

La figure 32 indique celle dite *à mors d'âne.*

La figure 53, celle dite *à chaperon.*

La figure 17, celle appelée *à paume,* et son entaille.

La figure 2 est appelée *tenon à paume.*

La figure 3 est nommée *paume à repos.*

Enfin, la figure 11 représente la taille d'un *tenon about* pour *décharges, tournisses, etc.*

Assemblages à queue d'aronde où d'hironde.

C'est une pièce d'assemblage par entailles, exécutée avec les tenons en pyramides tronquées : son nom vient de la ressemblance de ces espèces de tenons avec la queue d'une hirondelle. On se sert de cet assemblage pour rallonger une pièce de charpente, comme les plates-formes qui portent les pieds des chevrons d'un comble, les assemblages des planchers, les retours à l'équerre, etc. Il se fait de plusieurs manières, à queue d'aronde simple, ou à double queue d'aronde : celui qui est représenté par la figure 25 est *à double queue d'aronde ;* c'est un des plus solides.

On peut l'exécuter à *mi-bois,* comme dans la figure 25, ou en *queue perdue* avec filet de renfort et embrèvement, comme dans la figure 9 : celui-ci est très-usité dans les planchers. Enfin, la queue d'aronde est à *queue percée,* lorsque le tenon et la mortaise prennent toute l'épaisseur du bois.

Les blochets s'assemblent ordinairement à queue d'aronde sur les plates-formes qui reposent sur les murs. La figure 38 fait voir cette espèce d'assemblage dans tous ses détails.

Assemblage à mi-bois bout à bout.

La manière la plus simple de rallonger deux pièces de bois est de les entailler carrément à moitié bois, comme l'indique la figure 26 ; mais cet assemblage n'est pas d'une grande solidité, et on ne doit en faire usage que lorsque des pièces sont maintenues par d'autres, ou appuyées comme le sont les sablières, qui reposent sur les murs : encore faut-il, dans ce cas, les cheviller solidement et les armer de bandes de fer.

Assemblage à trait de Jupiter.

Cet assemblage (fig. 7), composé d'entailles à redants, formant des angles aigus, s'emploie pour composer un tirant ou un entrait de plusieurs pièces, à défaut de bois assez longs pour les faire d'un seule. Outre les redants qui con-

tribuent à tenir les deux pièces jointes ensemble, on fait encore usage de boulons à écrous et de liens en fer. Deux pièces de bois, entées de cette manière, sont aussi solide qu'une pièce de mêmes dimensions qui serait d'un seul morceau; néanmoins, cet assemblage convient mieux aux pièce de bois dont l'effet se fait sentir dans la direction de la longueur de la pièce, qu'à celles qui doivent supporter un poids parce que tout l'assemblage est disposé de manière à résister plutôt à une force de traction qu'à un effort de pression.

La figure 5 (pl. II) fait voir les deux parties détachées de l'assemblage d'un tirant avec tenons et mortaises, en fausses coupes.

La figure 6 représente le tirant assemblé.

La figure 8 représente le plan du tirant avec l'indication des joints supérieurs de l'assemblage.

La figure 7 est l'élévation du même tirant assemblé boulonné, et supportant un plancher disposé de différentes manières.

La figure 18 indique une autre manière d'assembler les deux parties d'un tirant ou d'une poutre, avec tenon retourné et entaille en coin.

La figure 19 représente le même assemblage réuni et fixé par des bandes de fer.

La figure 20 fait voir un autre assemblage du même genre, par entaille seulement.

La figure 21 est le même assemblage réuni et maintenu par des pièces de fer.

Assemblage pour enter les poteaux et les autres pièces de bois destinées à être placées verticalement.

D'après la destination de ces pièces, il faut que la manière de les enter ne diminue pas leur force. Nous allons faire connaître les différents moyens qui sont le plus en usage.

La figure 24 (pl. II) représente l'assemblage dit *en fausses tenailles*. La partie supérieure porte un tenon, et l'inférieure est évidée par une mortaise, sur une des faces. Cet assemblage est employé, lorsqu'un obstacle empêche que la mise *dedans* du tenon et de la mortaise ait lieu par un mouvement dans le sens de la direction verticale.

La figure 25 fait voir un autre assemblage dit *chevronné* qui est très-usité pour les poteaux corniers.

La figure 22 représente l'assemblage appelé *à double enfourchement*; il est formé de quatre mortaises, une sur chaque face du poteau, et de quatre tenons épaulés.

DES MOISES.

Les moises sont des pièces de bois assemblées, comme on le voit en A et B (fig. 29, pl. II). Elles servent à empêcher d'autres pièces de ployer, en embrassant tout ou partie de leur contour, tel que *c* (fig. 29) et *x* (fig. A).

Pour former cet assemblage, on pratique des entailles à mi-bois,* dans chacune de ces diverses pièces, et on les assemble ensuite, en les reliant par des boulons ou des étriers en fer.

La figure 30 fait voir les moises prêtes à être assemblées, et la figure 51 représente leur réunion complète.

DE LA MANIÈRE DE TRACER LES PIÈCES DE BOIS DE CHARPENTE.

On commence par tracer en grand, sur un terrain uni, les principales lignes du plan et de l'élévation de l'ouvrage qu'on se propose de faire. Les lignes du plan servent pour les enrayures, les planchers, etc., dont les pièces doivent être posées horizontalement : celles de l'élévation servent pour les pièces qui doivent être d'aplomb, telles que celles des pans de bois. Quant aux parties qui doivent être placées obliquement, comme les pentes des combles, on suppose leurs faces couchées sur le terrain, c'est ce que les charpentiers appellent *rallongement*. On agit de même à l'égard des parties circulaires, mais seulement lorsqu'elles sont susceptibles d'être développées, ou lorsque leur coupe peut s'appliquer exactement sur un plan.

Lorsque le terrain sur lequel on doit exécuter ces tracés n'est pas assez uni, on ajuste des planches pour tenir lieu du sol.

Le tracé des principales lignes, que les charpentiers appellent *ételon*, étant fait, on place au-dessus les pièces de bois telles qu'elles doivent être, c'est-à-dire de niveau ou en devers, obliquement ou d'équerre, afin de tracer dessus les lignes que l'on a besoin d'y avoir.

Pour mettre au trait deux pièces de bois qui doivent s'assembler, on pose la principale au-dessus de l'ételon, et de manière à ce qu'elle n'empêche pas de voir les lignes qui doivent déterminer la position qu'on veut lui donner. Après cela on relève avec un plomb, de dessus l'ételon, autant de points qu'il en faut pour dessiner sa forme : c'est ce qu'on appelle la *piquer*.

Au-dessus de cette pièce, on établit ensuite celle qui doit s'assembler avec elle, en la faisant avancer de ce qu'il faut pour son assemblage.

Cela fait, avec un cordeau fin et un plomb, on détermine juste, sur l'une et sur l'autre pièce, les points où elles doivent se rencontrer, ainsi que l'obliquité des joints qu'elles doivent former, afin de pouvoir tracer les assemblages, comme nous l'avons indiqué.

On place ainsi successivement toutes les pièces qui doivent former l'assemblage, afin de les tracer et de leur donner la forme convenable. Cette opération est très-importante et doit toujours être confiée aux soins d'un charpentier intelligent, car c'est d'elle seule que dépend la réussite d'un ouvrage.

DES PANS DE BOIS.

On appelle pans de bois, tout système (fig. 1, 2, 3 et 4, pl. III) composé de charpente et de maçonnerie, et susceptible de remplacer, dans un édifice, un mur en pierre ou en brique. Les intervalles que l'on voit entre les bois se garnissent ordinairement de petits moellons ou de platras uni à du plâtre, au bien à de la terre glaise, ou encore à toute autre matière en usage dans les pays où ces sortes de constructions s'exécutent. Ces matières, qui servent de remplissage, sont maintenus entre deux lattis cloués sur les bois, et le tout se recouvre ensuite d'un enduit, soit en plâtre, soit en mortier, qui est tantôt uni, tantôt accompagné de joints simulés, de corniches, de moulures, etc., ce qui donne au système l'apparence du mur qu'il remplace.

Les pièces de charpente qui entrent dans la composition des pans de bois se font le plus ordinairement en bois dressés, et elles prennent différents noms, suivant la place qu'elles occupent et la nature de leurs fonctions. Ainsi, les *sablières* A sont des pièces placées de niveau, au rez-de-chaussée et à la hauteur de chaque étage, et dans lesquelles viennent s'assembler la plupart des autres pièces. Placées au rez-de-chaussée, elles sont principalement appelées *sablières basses*, celles qui sont au-dessus des planchers se nomment *sablières de chambrées*, et celles qui sont au-dessous prennent le nom de *sablières hautes*.

Les *poteaux corniers* B sont placés debout, aux différents angles, ou montent de fond dans la hauteur de plusieurs étages, aux endroits où les pans de bois de refend ou de distribution viennent se rencontrer avec ceux de la façade.

Les *poteaux d'huisserie* C forment les baies de porte ou

de croisée; on les réunit par des *linteaux* D, et l'ensemble se nomme *huisserie*. Le *remplage* ou *remplissage* des vides, au-dessus et en dessous, se fait avec d'autres petits poteaux E et *e*, moins forts que ceux d'huisserie : on les nomme *potelets*.

Les *décharges* F sont des pièces de bois inclinées et posées en sens contraire les unes des autres, afin de consolider les assemblages, d'obvier à leur relâchement, et de maintenir d'aplomb les pièces principales, en les contrebutant.

Les *tournisses* G sont aussi assemblées dans les sablières hautes et basses, dans les décharges; leur effet est de remplir les vides formés par ces dernières.

Enfin, les *croix de Saint-André* H, qui remplacent quelquefois les décharges, sont entaillées à mi-bois dans l'endroit où elles se croisent.

Lorsqu'on fait correspondre un plein ou un trumeau sur un vide, comme dans l'établissement d'une baie de boutique, le linteau I prend le nom de *poitrail*. S'il arrive que ce poitrail ait à supporter plusieurs étages, et, par cette raison, le poids des planchers, on pratique, pour diminuer la poussée vers son centre, les décharges K et un renfort L; on en fait autant aux sablières des étages supérieurs. Ces poitrails ou poutres peuvent être disposés de différentes manières, comme nous l'indiquerons à l'article des *poutres armées*.

Toutes les pièces d'un pan de bois doivent être assemblées à tenons et mortaises, entrées de force et bien chevillées.

Les tenons et les épaulements des décharges et des autres pièces inclinées doivent être coupés à angle droit, du côté de l'angle aigu; on appelle cette coupe *tenon à bout* (Voyez aux *assemblages*).

Quant aux tournisses, leur assemblage avec les décharges se fait assez généralement en *fausse coupe*, afin de moins affaiblir celles-ci. Il faut de plus les arrêter contre les décharges avec de grands et forts clous, appelés communément *dents de loup* ou *rappointis* (Voyez fig. 1 et 2, aux *tournisses* *p* et *q*).

Voyez aussi la figure 39 (pl. II), pour les autres assemblages des diverses parties d'un pan de bois.

Les dimensions des diverses pièces d'un pan de bois élevé de quatre à cinq étages sont, pour les parties inférieures, de 21 à 32 centimètres pour les poteaux d'angles et les poteaux corniers; de 19 à 32 centimètres pour les sablières; 18 à 21 centimètres pour les décharges, guettes, branches de croix de Saint-André, et poteaux d'huisserie de portes et de croi-

sées; et de 16 à 18 centimètres pour les poteaux de remplissage, les tournisses et les potelets.

Ces dimensions peuvent être diminuées de 3 centimètres au dernier étage, et être réduites à moitié dans les cloisons qui ne sont que de distribution intérieure, comme le sont celles des figures 3 et 4.

Mais, dans tous les cas, les poteaux verticaux des cloisons portant plancher doivent avoir pour épaisseur le douzième de leur hauteur; et les décharges, ainsi que les sablières, 3 centimètres en sus de ce douzième.

Quant aux dimensions du poitrail, elles doivent être proportionnées à la charge qu'il devra supporter, et en rapport avec l'ouverture de la baie; on donne ordinairement à la hauteur le douzième de l'ouverture.

Les pans de bois sont moins durables que les murs en pierres; mais, comme on peut les former sans leur donner autant d'épaisseur qu'à ceux-ci, ce qui est un grand avantage lorsqu'on est restreint par les dimensions du terrain sur lequel on édifie, et qu'en outre ils coûtent un peu moins, on en fait encore un usage assez fréquent dans diverses villes de France, et surtout à Paris, à cause de la qualité supérieure du plâtre qu'on y emploie. Ce mode de constructions est cependant sujet à de grands inconvénients, car un pan de bois garantit toujours moins bien des intempéries des saisons, qu'un mur en maçonnerie, et ne saurait le remplacer dans toutes les circonstances, puisque, par exemple, on ne peut y adosser des tuyaux de cheminée, et, à plus forte raison, en pratiquer dans son épaisseur.

La stabilité d'un pan de bois, n'importe son épaisseur, fût-il hourdé et ravalé en plâtre, est toujours infiniment moindre que celle d'un mur; mais on peut l'augmenter suffisamment en les reliant, en retour d'équerre, aux murs mitoyens et aux planchers, par des tirants ou des harpons en fer.

Les pans de bois formant mur d'enceinte ou de refend au rez-de-chaussée, doivent être élevés sur des socles M formant *parpaing*, en pierre de taille, de 65 à 95 centimètres de hauteur, afin de les garantir de l'humidité, et par conséquent, de la pourriture.

Il convient aussi de donner au pan en façade un léger *fruit*, pour résister à la poussée des planchers.

DES POUTRES ARMÉES.

Pour augmenter la solidité des poutres, qui, outre leur propre poids, ont à supporter celui d'un plancher, ou d'un

charge quelconque, on les compose de plusieurs pièces formant un solide, tel qu'il présente le plus de résistance possible dans le sens des lignes suivant lesquelles les tensions et les pressions s'exercent. Une poutre ainsi disposée se nomme *poutre armée;* et les assemblages qui forment cette disposition se nomment *armatures*. Nous avons vu que, de toutes les manières d'employer le bois, la plus avantageuse est celle où l'on a soin de le placer de façon qu'il soit pressé ou tiré dans le sens de sa longueur; on doit donc chercher à remplir, autant que possible, cette condition quand on établit l'armature des poutres.

Si l'on se bornait à réunir plusieurs pièces de bois pour en former une seule, en les posant les unes contre les autres sans être liées entre elles, elle pourraient plier séparément, et alors la résistance de la pièce formée par leur réunion ne serait qu'égale à la somme des résistances partielles de chaque pièce; mais si les pièces sont réunies par des assemblages bien disposés et assujettis, ou si elles sont liées entre elles par des boulons comme on le fait ordinairement, de manière qu'il résulte de leur assemblage un solide dont les parties soient obligées de plier toutes ensemble, et de rester juxtaposées lors de la flexion, sans pouvoir glisser les unes contre les autres, alors la force de la poutre sera beaucoup plus grande, et on obtiendra le *maximum* de résistance dont la poutre armée pourra être susceptible.

L'assemblage qui convient le mieux pour réunir les pièces destinées à former une poutre armée est celui dit à *crémaillère;* mais il faut bien remarquer que la disposition des entailles est très-importante relativement à l'effet qu'elles doivent produire. En effet, si l'on a une poutre AB (fig. 13, pl. III), composée de deux pièces non assujetties entre elles, et sur un poids placé au milieu, ce poids lui fera prendre, par la flexion, la forme CED (fig. 14); ainsi les points de la pièce supérieure auront glissé sur la partie inférieure, d'une part dans le sens EC, et de l'autre dans le sens ED. Pour s'opposer à ce glissement, il faut donc établir des points de résistance, et c'est à quoi l'on parvient, en pratiquant des entailles, comme celles qui sont représentées de F en G (fig. 15), et en serrant les deux pièces au moyen de boulons. Dans cette disposition, les boulons n'auront presque à résister à aucun effort. Si, au contraire, les entailles étaient faites de manière à présenter la figure FG renversée, comme l'indique la poutre armée HI (fig. 16), les mêmes entailles ne produiraient que peu d'effet, et les boulons qui supporteraient tout l'effort, finiraient même par céder : l'assemblage manquerait.

D'après ce que nous avons dit dans la section VI sur les arbalétriers, on concevra facilement que la première idée qui doit se présenter, quand on veut donner à une pièce de bois la plus grande force possible, doit être de lui donner la forme A B C, représentée dans la figure 12, pl. III. Nous allons examiner les changements produits dans les fibres de cette pièce de bois, lorsqu'elle est pressée par un poids appliqué au milieu, et tendant à la faire ployer. Lorsque la flexion aura lieu, les fibres de la partie supérieure seront comprimées et devront se raccourcir; tandis que les fibres de la face inférieure seront étendues et devront s'allonger : ces deux sortes de fibres sont séparées par une autre fibre *def*, qui n'éprouve ni allongement ni raccourcissement, et qu'on nomme, à cause de cela, *fibre invariable*.

Ainsi, la résistance de ce solide s'exercera par le moyen de pressions dirigées dans le sens des lignes *ba*, *bc*, et de tensions dirigées dans le sens des lignes *bh*, *hi*. Ces différents efforts dans lesquels cette résistance consiste uniquement, sont d'ailleurs d'autant plus considérables suivant chacune des lignes *ba* et *bc*, *hg* et *hi*, que ces lignes *abc*, *ghi*, sont plus rapprochées de la surface du solide, ou plus éloignées de la ligne *def*.

Ce que nous venons de dire nous conduit à disposer les armatures en arbalétriers, et les mêmes principes s'appliquent également lorsqu'au lieu de pièces droites on assemble des pièces courbes. Nous allons faire connaître maintenant les différentes manières qui sont en usage pour assembler, lier et assujettir les pièces entre elles (1).

La figure 5, pl. III, fait voir une poutre armée dont on fait un usage fréquent : elle consiste en deux pièces de bois *a* et *b*, dans l'intérieur desquelles on a rapporte une âme *c*, posée en forme de chevron, et à laquelle sont réunies par embrèvement ces deux pièces, serrées au moyen de boulons à écrous *e*. On peut y ajouter les clefs *f* par dessus, au milieu et aux extrémités, pour maintenir le parallélisme de ses parties, partout où l'isolement laissé entre les pièces est le plus profond.

La figure 6 représente une autre armature composée aussi de deux arbalétriers *a* et *b* en forme de chevrons, mais sans poinçon. Comme le bois debout résiste davantage que

(1) Il ne faut pas se le dissimuler, une poutre, aussi bien disposée qu'elle puisse être, ne vaudra jamais une plate-bande, soit en pierre, soit en fer, comme on les fait maintenant, lorsqu'il s'agira de lui faire porter un massif de maçonnerie. En se séchant elle détermine nécessairement des tassements par son retrait, et en vieillissant elle se pourrit, ce qui est un bien autre inconvénient.

celui qui est placé horizontalement, on pourrait, à la rigueur, se passer de poinçon, parce que cette pièce, par l'effet de la compression, diminue l'effet des arbalétriers; mais, dans ce cas, on ajusterait les arbalétriers de manière à ne former qu'un seul point *o*; et pour que celui-ci porte également partout, on peut y interposer une plaque de plomb.

Les figures 7 et 7 *bis* représentent une armature composée de deux arbalétriers *a* et *b*, qu'on peut assembler dans la poutre, soit par des entailles en crémaillère, comme dans la figure 7, soit par une seule entaille dans toute leur épaisseur, comme l'indique la figure 7 *bis*. Dans ces deux suppositions, on réserve aux extrémités de la poutre un talon *tu* de 49 à 65 centimètres de long, pour servir de culée aux arbalétriers. Les deux arbalétriers se réunissent au poinçon *p*, qui est lié à la poutre au moyen d'un étrier en fer: on peut encore multiplier les étriers pour fixer les arbalétriers sur la poutre, ou les y fixer simplement avec des boulons à écrous.

La figure 8 se compose également des deux arbalétriers *ab*; mais il y a deux poinçons *p* et *p*, et une pièce horizontale *h*, pour éviter un trop grand exhaussement au milieu de la poutre.

La figure 9 représente une autre armature composée de deux arbalétriers *a b*, et d'un poinçon *p*. Cette disposition est très-convenable pour renforcer une pièce destinée à supporter une grande charge.

La figure 10 est une armature indiquée par Rondelet, comme pouvant être employée dans les planchers, lorsque les bois dont on peut disposer n'ont pas les dimensions voulues pour résister à la charge. Il suppose qu'on ait à construire un plancher de 8 mètres dans œuvre, ce qui exigerait des solives de 33 centimètres de grosseur, et qu'on n'ait à sa disposition que des pièces de 19 centimètres; pour les renforcer, on taillera en courbe le dessus de la solive *a b*, sur laquelle on en appliquera une seconde *cd*, qu'on fera ployer au moyen de liens de fer *l*, *l*, espacés entre eux de 1 mètre à 1m.20 : la courbure de la première pièce *a b* a été formée en conservant à son milieu la hauteur de 19 centimètres et en la diminuant vers ses extrémités auxquelles on n'a laissé que 12 centimètres; ainsi la flèche ou la hauteur de la courbure a la moitié de la différence entre l'épaisseur de la solive, 19 centimètres, et celle qu'elle devrait avoir, 33 centimètres. On met le dessus de la poutre de niveau par des écoinçons ou fourrures placées aux extrémités. Rondelet a

trouvé, par expérience, qu'une solive qu'il avait fait courber ainsi du tiers de son épaisseur, et dont la courbure était arrêtée au moyen d'une autre pièce, portait un poids presque double.

La figure 11 indique un autre moyen très-ingénieux de renforcer une poutre : il consiste à la scier en travers dans la moitié de la largeur, et jusqu'au tiers de son épaisseur; à la courber ensuite en plaçant son milieu sur un point d'appui, et en chargeant de poids ou de fardeaux les deux extrémités. Alors les fibres, coupées par la scie, se séparent entièrement, et l'on peut placer dans l'ouverture un coin de bois très-dur ou de fer : cette disposition augmente la force de la pièce d'un sixième.

La figure 17 représente une poutre ou tirant composée de deux pièces assemblées l'une sur l'autre en crémaillère, pour servir de décharge.

La figure 18 représente une poutre ou tirant composée de trois pièces assemblées avec crans.

Enfin, la figure 19 représente une poutre ou tirant composée de deux pièces renfermant deux arbalétriers, dont les pieds sont retenus par des traverses assemblées entre les deux pièces, et dont les extrémités supérieures reposent sur une clef servant de poinçon.

Description d'une armature en fer destinée à consolider et à relever des combles détériorés ou affaissés, par A. Ainger, *de Londres.*

Pendant les réparations entreprises, en 1823, à l'église de Sainte-Marie Aldermary, à Londres, et dues au talent du célèbre architecte *Wren*, on s'aperçut que la plupart des entraits et des arbalétriers du comble de cet édifice étaient attaqués de la pourriture sèche; que plusieurs ne portaient plus sur les murs, et que d'autres étaient entièrement détruits. La restauration de cette charpente eût entraîné une dépense de plus de 125,000 francs, et nécessité l'enlèvement du plafond, enrichi de sculptures et d'ornements précieux. Il était donc d'une grande importance de ne point enlever les charpentes, et même de ne pas y occasionner le moindre ébranlement. On proposa d'abord de retrancher les parties détériorées, et de les remplacer par des bois neufs qu'on aurait fixés avec des boulons aux parties encore saines; mais on reconnut que ce moyen ne présentait pas assez de solidité, parce que tout le poids de la charpente portant uniquement sur les boulons, ceux-ci ne pourraient résister à la charge; d'ailleurs, les trous et les mortaises qu'il

aurait fallu percer dans le bois eussent affaibli l'aggrégation de ses fibres.

On rejeta donc l'emploi du bois, et on eut recours au fer. Le nombre des poutres à réparer était de quinze, formant trente bouts. Pour plus d'économie, on se détermina à employer la fonte de fer et à la disposer de manière qu'elle offrît le plus de résistance possible, sous le moindre volume, et qu'elle pût être placée sans embarras. Ce projet fut mis à exécution et réussit complètement. La restauration de la charpente se fit avec une facilité et une promptitude qui surpassèrent l'attente de l'auteur, et sans que le plafond fût aucunement dérangé.

La partie du comble qui couvrait la nef, et qui était composée de tirants et d'arbalétriers assemblés par des poinçons, à la manière ordinaire, quoique moins endommagée que le reste, avait cependant éprouvé aussi une altération sensible dans les appuis qui portaient sur les murs. L'auteur a imaginé une autre espèce d'armature pour consolider cette partie de la charpente; mais il n'a point eu occasion de l'employer. Toutefois, il ne doute pas, d'après les expériences qu'il a faites, qu'elle ne soit très-solide, et qu'elle n'eût procuré une grande économie dans la dépense.

La figure 1 (pl. XI) représente l'élévation latérale de l'armature; la figure 2, une vue par le bout, et la figure 3, une vue au-dessus de l'armature exactement représentée telle qu'elle a été employée dans l'église de Sainte-Marie. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces trois figures.

A est une *solive* ou *plate-forme* appuyée sur le mur latéral de l'édifice; on voit, en arrachement, le *tirant* ou *entrait;* qui ne porte plus sur cette plate-forme, et dans l'état où il se trouvait lorsque l'armature y a été adaptée. Cette armature consiste en deux formes latérales parfaitement semblables, et composées chacune de quatre bandes, dont deux obliques, et deux horizontales B C, D E, réunies par un lien vertical, et fondues d'une seule pièce : elles se terminent par un talon B qui pose sur la plate-forme. Ces bandes sont munies de trois oreilles percées de mortaises, dans lesquelles passent des boulons en fer forgé servant d'assemblage aux deux fermes. L'un de ces boulons est représenté séparément en F (fig. 4) : il porte d'un bout une tête plate; l'autre est percé d'une mortaise pour recevoir une clavette G. On passe sous ces boulons des plaques de fonte d'une longueur égale à la largeur de la pièce de bois, et de 16 centimètres de large. On voit en H I (fig. 4) l'une de ces plaques en plan et

en coupe : elle porte une rainure, dans laquelle se loge le boulon lorsqu'il est mis en place.

Voici le moyen qu'on a employé pour fixer cette armature sans déranger les combles.

On a commencé par placer un support provisoire sous la partie encore saine de la pièce de bois ; ensuite, on en a retranché tout ce qui était détérioré ou pourri ; on a enlevé la *solive* ou *plate-forme* qui se trouvait aussi en mauvais état, et on l'a remplacée par une neuve. Cette opération terminée, deux hommes se sont placés de chaque côté de la poutre, et, ajustant d'une main l'armature, de l'autre ils ont passé un boulon à travers l'oreille D, et ils l'ont arrêté par la clavette. L'armature ainsi suspendue par le boulon, l'ouvrier a appliqué l'une des plaques de fonte (fig. 4) contre la partie inférieure de la poutre en E, et il l'a maintenue jusqu'à ce que le second boulon ait été placé et que la clavette ait été engagée. Alors il a soulevé la partie D de l'armature, afin d'assujettir la plaque inférieure ; puis une plaque semblable ayant été passée sous ce boulon D, on a serré fortement les clavettes, et l'on a chassé sous la plaque, en D, des coins en chêne très-dur, ce qui a donné la solidité convenable à tout le système. On a opéré de même à l'égard du boulon C, et ensuite, on a amené le talon B sur la plate-forme, où il a été arrêté par de forts clous ou avec des vis. Finalement, on a enlevé le support provisoire, et tout le système s'est trouvé solidement établi.

Cette opération n'a pas duré plus de dix à quinze minutes, et n'a pas occasionné le moindre dérangement, soit dans la charpente du comble, soit dans les panneaux sculptés dont se compose le plafond.

Quant à la dépense, il est incontestable que le fer est préférable au bois. On a employé, pour chaque bout de solive, 63 kilogrammes de fonte et 6 kilogrammes de fer forgé, dont le prix est d'environ 36 fr. les 100 kilog. pour la première, et 1 fr. 20 c. le kilog. pour le second.

On ne peut pas évaluer exactement le prix de la main-d'œuvre ; mais si l'on compare cette dépense à celle qu'eussent occasionnée des pièces de chêne de 2 mètres de long sur 44 centimètres d'épaisseur, avec trois à quatre boulons à écrous pesant de 4 à 5 kilog. chacun, on verra que celle-ci eût été doublée. Il faudrait d'ailleurs, en faisant cette comparaison, ne pas oublier de tenir compte des difficultés que l'on peut éprouver, et des risques que nécessairement on court, quand on perce des mortaises dans des bois déjà altérés.

La figure 5 représente une élévation latérale, et la figure 6 montre une coupe vers le bout, sur la ligne YY, d'une armature destinée à consolider un comble détérioré à l'endroit de son assemblage où il porte sur le mur. L'arbalétrier était moins épais que le tirant, il a fallu accommoder les formes de l'armature à cette différence de dimension : aussi, là où passent les boulons O et N, les branches ont une épaisseur moitié moindre que les branches inférieures, sans que cette disposition nuise à leur solidité. Le tirant repose sur une large plaque de fer forgé, sous laquelle passe un boulon à écrou : les bords RR de l'armature sont plus épais à leur face intérieure, et ils pénètrent de chaque côté dans l'arbalétrier, comme on le voit sur la figure 7, qui est une coupe sur la ligne ZZ de la figure 5. En Q est une plaque de fonte et un boulon, sous lesquels on passe des coins de bois, comme dans la première armature. Ces coins, étant chassés avec force, serrent la plaque P contre la partie inférieure de la solive. La plaque de fonte et les coins, passés sous le boulon O, sont destinés à consolider tout le système, et à contenir le tirant, dans le cas où il deviendrait nécessaire d'enlever l'arbalétrier pour le réparer. Le boulon N sert principalement de lien entre cette pièce et l'armature à l'endroit où elle dévie de la ligne droite.

Les figures 8 et 9 représentent une armature en fonte destinée à soutenir ou relever une solive qui se serait affaissée ou rompue. Cette armature consiste en deux pièces semblables, composées chacune de deux triangles et d'un carré ou parallélogramme dont la partie inférieure supporte une plaque de fer forgé, avec deux vis à chaque bout : on les voit séparément en SS. Deux plaques plus petites TU, également munies de boulons à vis, sont placées sur le dessus de la solive, et le dessus de la pièce est entaillé pour recevoir les plaques SS. Des coins V, V sont chassés entre ces plaques et le bois, pour donner à tout le système la solidité nécessaire. Une solive ainsi garnie est aussi solide que si elle était neuve.

L'auteur de ces armatures a reçu de la Société d'encouragement de Londres la grande médaille d'or.

DES PLANCHERS.

Les planchers servent à former les aires des différents étages d'une maison.

On distingue principalement quatre espèces de planchers : la *première espèce* comprend les planchers *simples*, composés de solives *a, a* parallèles, et portées sur des appuis, tels

que les murs ou les pans de bois (fig. 1, 2, 3 et 16, pl. IV). Lorsque les solives se touchent, on dit que le plancher est *plein ;* mais on en construit rarement de cette sorte : les solives sont presque toujours plus ou moins espacées.

Dans la distribution des solives, il faut avoir égard aux *âtres b* des cheminées, et à leurs tuyaux *c*, qui débouchent des étages inférieurs, afin de prévenir les incendies. Pour satisfaire à ces conditions, on place à 96 centimètres ou à 1m.30 des murs, des pièces *d*, appelées *solives d'enchevêtrure*, auxquelles on donne, sans avoir égard à leur longueur, de 3 à 5 centimètres de plus d'équarrissage qu'aux solives ordinaires, parce qu'elles sont destinées à porter d'autres pièces *c*, nommées *chevêtres*, qui s'y assemblent par un bout, et qui, de l'autre, portent dans le mur. Le vide que ces trois pièces laissent entre elles s'appelle *trémie*, et sert à l'établissement d'un foyer dont l'aire en maçonnerie est soutenue par des bandes de fer *n* (fig. 1 et 11, pl. IV) : un autre vide *c* (fig. 1) sert au passage des tuyaux inférieurs, et se trouve formé par une solive boiteuse *g*, assemblée dans le mur et dans l'un des chevêtres.

Dans la construction d'un plancher de l'espèce dont il s'agit, on fait encore usage de plusieurs autres pièces nommées *lambourdes*, *linçoirs*, *étrésillons* et *liernes*.

Les *lambourdes* sont des pièces *h* que l'on encastre dans les murs, et dans lesquelles viennent s'assembler les solives. On leur donne ordinairement un peu plus d'épaisseur qu'à ces dernières pièces, et leur hauteur doit avoir la moitié en sus. Souvent aussi on les soutient par des corbeaux de fer, scellés de même dans le mur, et placés à 1m.93 de distance les uns des autres. Ces corbeaux ont aussi pour objet d'empêcher le devers des lambourdes sur les solives.

La figure 14 (pl. IV) indique un des moyens de coordonner ces diverses pièces entre elles. On remarquera que la face *n* est coupée en biseau vers le mur, de manière à recevoir un profil de corniche.

Les *linçoirs* sont des pièces *k* que l'on place, soit le long des tuyaux de cheminées, soit au-dessus des vides des portes et croisées, soit le long des murs. Comme les lambourdes, ils sont destinés à recevoir les solives de *toute portée* ou de *remplissage*. Actuellement, dans les constructions bien ordonnées, on les substitue aux lambourdes encastrées, parce qu'elles n'ont pas, comme celles-ci, l'inconvénient de découper les murs dans toute leur longueur, ce qui est contraire à leur stabilité. Les solives s'assemblent ordinairement à tenons plats dans les linçoirs ; mais, pour leur donner plus

de force, il convient mieux de faire l'assemblage en coupe biaise. On peut, en outre, les consolider par un étrier en fer. Dans la figure 12, le n° 1 représente le linçoir, le n° 2, les solives avec tenons à renfort, le n° 3, la solive d'enchevêtrure, et le n° 4, l'étrier. On doit aussi avoir l'attention d'éloigner les linçoirs de 8 centimètres au moins des tuyaux de cheminées, afin d'éviter les incendies : cette observation est également applicable à toute autre pièce qui serait placée dans une position analogue.

Les *étrésillons* sont des morceaux de bois *l*, que l'on fait entrer de force entre les solives, pour empêcher celles-ci de fléchir séparément; on ne les emploie que lorsque les planchers ont une certaine étendue. On les place ordinairement dans la direction des chevêtres (fig. 1), ou bien encore, comme dans la figure 16, entre deux fortes solives d'enchevêtrures.

Les *liernes* sont des pièces de bois *m* (fig. 13), qui servent au même usage que les étrésillons. Elles sont entaillées de manière à pouvoir embrasser les solives sur lesquelles elles sont arrêtées par des chevilles. Au lieu de liernes, on peut encore employer des madriers fixés de la même manière sur les solives et les étrésillons : ce dernier moyen est assez avantageux, en ce qu'il occasionne moins de main-d'œuvre que le premier.

Les planchers simples, dont nous venons de parler, n'ont guère plus de 32 centimètres d'épaisseur, quand ils sont carrelés ou parquetés. On en fait même pour les entresols qui n'ont que 21 à 22 centimètres. Mais il ne faut jamais donner à ces planchers plus de 3m.90 de portée dans œuvre.

Deuxième espèce de planchers.

La deuxième espèce de planchers comprend ceux qui sont formés, comme les précédents, par des solives parallèles portées sur des murs, mais qui, de plus, sont soutenues par des poutres *m*, traversant d'un mur à l'autre (fig. 4, 5 et 6, pl. IV). Du reste, ils se construisent à peu près suivant les mêmes principes que les planchers de la première espèce.

Les *poutres* sont de fortes pièces de bois qui s'emploient pour soutenir les solives, lorsque les planchers ont plus de 6 mètres de longueur.

On espace ordinairement les poutres de 3 à 4 mètres, et leur scellement dans les murs doit être de 25 centimètres au moins. Pour augmenter leur résistance, et pour prévenir en même temps l'écartement des murs, on consolide l'ensemble du système par des ancres de fer de 95 centimètres de long,

qui, traversant ces derniers, sont fixées aux extrémités des poutres.

Les solives s'assemblent dans les poutres de diverses manières, soit par une entaille à mi-bois dans l'une et dans l'autre (fig. 4), soit par une entaille dans la poutre, de toute la hauteur de la solive (fig. 5 et 7), soit enfin, en faisant porter les solives sur des lambourdes, attachées de chaque côté de la poutre (fig. 6, 7 *bis* et 8) par des étriers en fer, ou par des boulons à écrous et à tête carrée incrustés dans la pièce (fig. 16). Cette dernière méthode est très-propre à fortifier les poutres; cependant les fers ont toujours l'inconvénient de céder sensiblement par l'effet de la dilatation.

On peut encore augmenter la solidité des poutres par d'autres moyens, tels que ceux dont nous avons parlé en traitant des armatures : nous y renvoyons nos lecteurs, pour ne point nous répéter.

Troisième espèce de planchers.

Les planchers de la troisième espèce sont formés de pièces qui, en général, ne traversent point d'un mur à l'autre, mais qu'on assemble les unes aux autres. On les appelle *planchers d'enrayure* ou *d'assemblage* (fig. 17, 18, 19 et 20). Leur disposition peut être variée à l'infini; car elle dépend non-seulement de la forme du bâtiment, mais encore de la longueur des pièces, qui est souvent moindre que l'intervalle des murs. Ce qu'on doit principalement observer dans ces sortes de planchers, c'est de ne pas trop affaiblir les fortes pièces auxquelles se rattachent les moyennes, par des mortaises trop multipliées ou trop rapprochées. Voici les noms de celles qui entrent dans leur composition :

La pièce principale *a* (fig. 17, pl. IV) se nomme entrait de long-pan; *b*, entrait de croupe; *c*, coyer; *d*, goussets; *e*, faux goussets; *f*, chevêtres à croupe biaise; *g*, entrait de coupe; *h*, chevêtre oblique; *i*, chevêtre; *k*, solives de remplissage; *l*, embranchements; *m*, faux chevêtres. Il est à remarquer que les goussets y sont placés de manière à recevoir le coyer, et à ce qu'ils puissent aussi se joindre en même temps à l'entrait de long-pan et à celui de croupe. Ces deux pièces devant porter toute la charge du plancher, il faut faire en sorte surtout d'y rattacher les autres pièces sans trop les affaiblir par des assemblages. Il faut aussi avoir soin de ne jamais placer les chevêtres dans les travées, les uns au bout des autres, mais alternativement de leur épaisseur.

Les figures 18, 19 et 20 représentent trois autres manières de disposer les planchers : le cas le plus simple est celui de la figure 20.

Quatrième espèce de planchers.

Enfin, la quatrième espèce de planchers, dite *sans solives*, comprend ceux qui sont formés de plusieurs couches de planches jointives, assemblées à rainures et languettes, dont les directions se croisent et qui sont clouées les unes sur les autres. Ce genre de construction présente peu de solidité, et entraîne à de grandes dépenses : on n'en cite guère d'exemples.

Observations générales sur les planchers.

La grosseur des poutres et des solives doit toujours être proportionnée à leur longueur et à la charge que les planchers auront à supporter. Il faut éviter, autant que possible, de faire porter ces pièces par les murs de face du bâtiment, et de faire correspondre les poutres avec le vide des portes et des croisées. La même observation est applicable aux solives, qu'il est toujours facile de soutenir par des linçoirs, mais auxquelles il ne faut jamais donner trop de longueur.

On doit aussi faire en sorte de ne point trop découper les murs, en y scellant le bout de toutes les solives de remplissage. Il est préférable de les assembler, ainsi que nous venons de le dire, dans des linçoirs, parce que ce moyen affaiblit et divise moins les appuis que l'autre procédé. Les extrémités des pièces encastrées se pourrissent en vieillissant, et laissent dans les murs des vides qui en détruisent complètement la stabilité. Enfin, nous ferons remarquer en dernière analyse, que les solives d'un plancher, jusqu'à $4^{m}.80$ de longueur, ainsi que celles d'enchevêtrure jusqu'à $3^{m}.84$, peuvent se mettre en bois de sciage; mais que, lorsque les unes et les autres sont plus longues, il est préférable d'employer du bois de brin.

Tous les planchers, en général, sont susceptibles d'être plafonnés. La figure 9 offre l'exemple d'un cas où l'intervalle des solives est vide. Celles-ci sont lattées par dessus et par dessous, pour recevoir, d'une part, la couche de gravois et le carrelage qu'elles ont à supporter, et de l'autre, l'aire en plâtre du plafond.

Dans la figure 10, indépendamment de la couche de gravois *m* établie au-dessus des solives *b*, on a posé des lambourdes hourdées *c*, sur lesquelles le parquet est assemblé. Cette seconde manière de former des planchers a le grand avantage

'absorber le bruit de l'étage supérieur. Nous n'entrerons oint dans de plus longs détails sur les divers moyens emloyés pour consolider et pour charger les planchers; car es détails sont moins du domaine du charpentier que de elui du maçon.

Règles pratiques pour l'établissement des planchers.

Les solives d'un plancher, d'après Rondelet, doivent avoir our hauteur 1/24 de la portée lorsqu'elles sont espacées tant lein que vide : on fait alors l'épaisseur 1/4 moindre : et il aut qu'elles soient posées de champ. Quand elles ont peu de ortée, comme 2m.60 à 3m.30, on peut donner à leur interalle 1/3 de plus que leur épaisseur.

Ainsi que nous l'avons dit, l'espacement ordinaire des pou-res sur lesquelles portent les solives, est de 3 à 4 mètres, t elles doivent avoir en hauteur 1/18 de la portée, avec une paisseur moindre.

De la résistance des planchers.

La résistance d'un plancher composé de solives est évidemment égale à la somme des résistances de toutes les soves. Ce calcul est facile à faire d'après les moyens que nous vons indiqués pour obtenir la résistance horizontale des ièces de bois. Ainsi, la force de deux planchers ayant mêmes dimensions, et dont les bois ont un même équarrisage, est proportionnelle au nombre de pièces qui les comosent, ou en raison inverse des espaces qu'on a laissés entre s solives.

Lorsque tout est égal, mais que la hauteur des solives est lus ou moins grande, alors la résistance est comme le carré e la hauteur : donc, si le rapport des hauteurs est de 4 à 6, n aura : la résistance du plancher dont les solives ont 4, st à la résistance de celui dont les solives ont 6, comme 6 est à 36. On voit donc que le second plancher, qui n'a u'un tiers de hauteur de bois de plus que le premier, a une orce plus que double ; ou bien, si l'on fait la comparaison iverse, on voit que pour un tiers de bois de moins, on a diinué la force de moitié.

Quant à la résistance de la quatrième espèce de planchers, e ceux qui sont formés de plusieurs lits de planches joinves, Navier en a calculé les lois, et, en supposant le orps bien homogène dans toutes ses parties, et le plancher upporté horizontalement sur un cadre rectangulaire fixe et hargé d'un poids placé au centre, ou réparti uniformément ur toute l'étendue du plancher, il a trouvé que la flèche de

courbure est en raison inverse du cube de l'épaisseur de ce plancher.

Ainsi, soit un plancher dont l'épaisseur soit de 4 unités, dont le cube est 64, et un autre plancher dont l'épaisseur soit la moitié, 2 unités, dont le cube est 8, la flèche du second plancher sera huit fois plus grande que la flèche du premier, dont l'épaisseur est double, puisque la flèche du second est à la flèche du premier comme 64 est à 8.

Il faut bien remarquer que les parties de ces planchers n'offrent pas la liaison et l'homogénéité d'un corps continu, et que la force qu'on doit leur attribuer s'éloigne beaucoup de celle qui est donnée par les calculs. Nous n'insisterons pas davantage sur ce point, car il se présente rarement dans les constructions.

PLANCHERS EN FER.

Dans ces derniers temps, on a souvent remplacé, surtout dans les grandes constructions, les planchers en bois par des planchers en fer, en donnant aux solives en métal la forme d'un double T ou telle autre forme que la théorie et l'expérience ont montré être la plus légère et la plus résistante. Ces planchers en fer ne sont pas du ressort du charpentier, ce sont les forges qui les fabriquent et les serruriers qui les posent; nous n'avons donc pas à nous en occuper ici; néanmoins, les personnes que ce sujet peut intéresser, trouveront des détails suffisants sur cette matière dans le *Manuel de la Construction moderne*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

DES ESCALIERS.

Les escaliers, soit en charpente, soit en pierres, sont des systèmes composés de marches superposées les unes aux autres, pour servir de moyen de communication entre les différents étages d'un bâtiment. (Fig. 1, 2, 3, 5, pl. IV.)

Ils se divisent en deux espèces principales, l'une à *marches parallèles* (fig. 5), l'autre à *marches tournantes* (fig. 8 et 9 *bis*). Les marches se nomment vulgairement *degrés*.

La partie d'un bâtiment ou d'un édifice qui renferme l'escalier, se nomme *cage*, et le vide qu'on laisse ordinairement au centre d'un escalier, s'appelle *jour*.

Dans un escalier en charpente, les marches peuvent être *pleines* ou *non pleines*. Lorsqu'elles sont pleines, chacune d'elles est formée d'un seul morceau de bois, profilé et taillé selon la disposition de l'escalier; dans le deuxième cas, elles sont simplement en planches, alternativement verticales et horizontales, et assemblées à rainures et languettes.

Dans une marche, le dessus *a* (fig. 1) s'appelle *marche* ou *giron*, et la partie verticale *b* (fig. 2) se nomme *contre-marche*.

Pour maintenir les marches, on les scelle, d'une part, dans les murs de la cage, et on les encastre, d'autre part, dans un massif, soit en bois (fig. 9), soit en maçonnerie ; ce massif forme alors le centre ou le noyau de l'escalier. Quelquefois enfin on soutient les marches avec une pièce de bois rampante *c* (fig. 1), que l'on appelle *limon*.

Les limons se font de diverses manières : les uns sont apparents, les autres taillés à *crémaillère*. Dans le premier cas, les girons ou marches et les contre-marches y sont encastrés dans la face intérieure verticale, et le dessus reste apparent. Dans le deuxième cas, les contre-marches seules s'y encastrent, tandis que chaque giron recouvre successivement l'une des parties horizontales de la crémaillère, comme dans la figure 6. On donne ordinairement aux limons 32 à 35 centimètres de hauteur sur 8 centimètres d'épaisseur, et ils doivent toujours être établis parallèlement aux murs d'é*chiffre* de l'escalier, suivant la longueur des marches.

Par murs d'*échiffre*, on entend ceux qui forment les p[illegible]rois de la cage ; ces murs sont quelquefois formés avec d[illegible] simples pans de bois.

Les marches pleines sont préférables à celles qui sont f[illegible]mées de deux planches, parce qu'elles sont moins suscep[illegible]bles que les autres de *jouer* ou de se *gauchir*. Il est vrai q[illegible] leur prix augmente en raison de leur cube, mais lorsq[illegible] s'agit de bien faire et d'avoir de bonnes constructions, ce[illegible] considération ne saurait être un motif suffisant pour f[illegible] employer préférablement les marches non pleines, qui s[illegible] composées de planches alternativement verticales et horiz[illegible]tales, comme il a été dit ci-dessus.

Le giron d'une marche non pleine ou évidée doit ê[illegible] autant que possible, d'un seul morceau, et ne doit pas a[illegible] moins de 40 millimètres d'épaisseur. Quant à la contre-m[illegible]che, son *minimum* d'épaisseur est de 27 millimètres.

Quelquefois aussi les marches se soutiennent par l[illegible] propre coupe ; mais alors le limon fait partie de cha[illegible] marche. Enfin, lorsqu'elles sont apparentes ou posées [illegible] un limon à crémaillère, il est toujours convenable de les [illegible]filer au pourtour (1).

Les limons apparents par le dessus, ou taillés à *crém*[illegible]

(1) Au lieu de les sceller dans le mur, on peut aussi les poser sur un *faux* [illegible] taillé en crémaillère et fixé à l'échiffre.

lère, sont toujours formés de pièces c (fig. 1 et 4) assemblées à tenons et mortaises, et posées de champ sur un socle, ou terminées par un *patin* en forme de volute qui lui sert de base et que l'on scelle sur le premier giron. Dans leur partie supérieure on les soutient, à chaque étage ou palier de repos, au moyen d'une marche *palière*, ou pièce de bois destinée à cet effet, et scellée, de même que les marches, dans le mur ou pan de bois d'*échiffre* qui forme les deux côtés latéraux de la cage. Le limon est en outre destiné à porter la rampe de l'escalier, dans lequel elle se fixe par le bas; et par rampe, on entend le garde-fou qui enveloppe le jour de l'escalier, de manière à prévenir tout accident.

Dans la plupart des anciens escaliers des maisons ordinaires, les rampes se faisaient en bois : aujourd'hui elles se font généralement en fer ou en fonte.

Les noyaux pleins (fig. 9) sont des massifs de maçonnerie ou de bois montant de fond, dans lesquels on assemble l'extrémité des marches tournantes de la même manière que dans les limons : ce mode de construction n'est plus en usage maintenant.

La forme d'un escalier et sa disposition dépendent, en général, des localités et des points de départ et d'arrivée auxquels cet escalier est assujetti. Aussi, les seules règles fixes que l'on puisse donner à ce sujet sont-elles fort restreintes et ne peuvent guère concerner que l'entendement général de leur disposition, et les dimensions des diverses pièces qui les composent, mais qui sont le moins susceptibles de varier, comme, par exemple, la forme, la hauteur et la largeur des marches ou girons et des contre-marches.

La première de ces dimensions, la hauteur, doit être égale pour toutes les marches d'un même escalier, et ne peut jamais être moindre que 135 millimètres, ni aller au-delà de 19 centimètres. Quant à la seconde, elle doit être aussi toujours égale pour chacune des marches ; on leur donne communément 27 à 32 centimètres. Cependant, il arrive souvent qu'on est forcé de modifier cette règle, pour les escaliers qui ont un ou plusieurs quartiers tournants, ou lorsque la forme de la cage est circulaire et même elliptique; parce que, dans ces divers cas, elles sont beaucoup plus étroites à l'une des extrémités qu'à l'autre; mais alors la largeur voulue est mesurée moyennement dans le milieu du giron. Cet inconvénient est rendu sensible par les figures 9, 10 et 11. La figure 9 est un escalier tournant, et les figures 10 et 11 représentent diverses manières suivant lesquelles on construisait anciennement certains escaliers.

Lorsque la cage était petite, soit qu'elle fût carrée ou circulaire, on faisait jadis toutes les marches tournantes et aboutissant à un noyau plein, montant de fond (fig. 9). Si elle formait un rectangle allongé (fig. 11), l'escalier se composait de deux rampes jointes ensemble par des paliers ou des marches tournantes, et il avait deux noyaux pleins. Enfin, lorsque la cage était assez vaste (fig. 10), on mettait quatre rampes, et à chacun des quatre angles, des noyaux pleins montant de fond.

Quelles que fussent les dimensions de la cage, l'inconvénient dont il s'agit n'en subsistait pas moins. Pour l'éviter, autant que possible, on a imaginé les escaliers à noyaux évidés, à jour et à quartiers tournants ou limons continus, tels qu'on les voit représentés en plan, coupe et élévation, par les figures 1, 3 et 6. Dans ces escaliers, on fait varier la largeur des marches parallèles les plus rapprochées du quartier tournant, au profit des marches tournantes, suivant une progression qui augmente et diminue par degrés insensibles sur les deux portions consécutives du contour qui forment le limon.

Cette opération, qu'on appelle *balancement*, a pour objet de donner aux marches des largeurs à peu près égales, sans qu'elles soient par trop resserrées à leur extrémité aboutissant à la partie tournante du limon, et aussi d'éviter que la courbe, qui passe par toutes les arêtes supérieures des marches, éprouve des changements brusques, ou, comme on dit, qu'elle fasse des *jarrets*, ce qui serait désagréable à l'œil et un vice réel de construction.

Pour effectuer le balancement des marches d'un escalier, on tracera d'abord en son milieu une ligne médiane telle que $defg$ (fig. 1, pl. IV), et l'on divisera ensuite cette ligne en autant de parties égales que l'escalier devra avoir de marches, depuis son point de départ jusqu'à son point d'arrivée, représentés tous deux en projection. Pour obtenir la ligne $defg$, le plan de la cage et la largeur de l'escalier étant donnés, on tracera, par le milieu des marches, deux droites de et fg; puis, par le point de rencontre h de ces dernières, on mènera une ligne hk, qui divise en deux parties égales l'angle qu'elles forment, quelle que soit d'ailleurs son ouverture; enfin, d'un point k comme centre, avec un rayon égal à l'une des perpendiculaires abaissées de ce point sur les droites dk et hg, on décrira la portion du cercle ef tangente à ces droites; l'on aura ainsi $defg$, qui sera la ligne médiane cherchée.

Cela fait, du même point k, comme centre, et avec un se-

cond rayon *km*, égal à la différence des lignes *kf*, *mf*, pour former l'arrondissement du limon, on décrira une autre courbe concentrique à la précédente : c'est sur elle qu'on devra porter les points de division obtenus par le balancement des marches. Remarquons, en passant, que l'arrondissement d'un limon peut être circulaire, elliptique, ou formé à la fois par une ligne droite et par une ou deux courbes; mais il doit toujours être disposé de manière à ce que les extrémités des marches qui doivent y aboutir aient la plus grande largeur possible. C'est aussi d'après cette considération que l'on détermine la position du centre *k*.

Maintenant, si on développe la ligne *ccm*, qui passe par les arêtes supérieures des marches, on aura deux droites 1 *n* et *n* 14 (fig. 3), faisant un angle en *n*: l'une représentera la pente des marches droites, et l'autre celle des marches tournantes dans la partie correspondante à *lm*. On portera ensuite *n* 14 de *n* en *p*; on élèvera les perpendiculaires 14*q* et *pq*; par leur point de rencontre *q*, on décrira un arc de cercle, avec *pq* pour rayon, et la ligne 1 *p*, plus l'arc *pn* 14, formeront le développement cherché.

Ce développement pourrait avoir une toute autre forme si les pentes étaient différentes. Il arrive même quelquefois que son ensemble ne présente qu'une seule et même ligne droite, ce qui a lieu lorsque l'angle *n* est nul. Mais, dans tous les cas, ce développement, qui rencontre les horizontales des arêtes supérieures des marches en des points tels que 7, 8, 9 (fig. 3), indique la division ou le balancement qu'il convient d'affecter. Pour le reporter sur le plan, on abaisse les perpendiculaires 8 8', 9 9', etc.; on fait 7 8 égale à 7 8', 8 9 égale à 8 9', et successivement ainsi pour les autres divisions, jusqu'au point 14; on obtient de cette manière les nouveaux points 8, 9, 10, etc., de la figure 1. On joint enfin ces divers points aux points correspondants *n*, *e*, *v*, et l'on a des lignes qui marquent la direction du devant de chaque marche.

L'escalier que nous venons de donner pour exemple, peut revenir sur lui-même ou s'arrêter au palier *x*. On peut aussi en faire les marches pleines et à recouvrement les unes sur les autres *o*, et taillées en chanfrein par-dessous, pour recevoir un ravalement en plâtre sur un lattis jointif.

La figure 4 indique la coupe de l'assemblage d'une partie du quartier tournant *c* de la figure 1.

Dans tous les escaliers en charpente, on peut faire les deux premières marches, ou la première seulement, en pierre, afin de les garantir de l'humidité produite par le rez-de-chaussée. Cette première marche sert de base au limon, et son

extrémité est assez ordinairement arrondie (fig. 1 et 5), afin de présenter au limon un empatement plus solide et plus grand, tout en ajoutant à la grâce de la construction. La courbe qu'on donne ordinairement à cette marche est celle d'une volute, mais son contour doit toujours être subordonné à l'emplacement de l'escalier.

La figure 5 est un autre escalier construit d'après les mêmes principes que le précédent : il n'en diffère sensiblement que par les paliers *x* placés au tiers ou à mi-hauteur, entre le sol et le premier étage. Toutes les marches sont pleines et à recouvrement, comme les marches *b* (fig 6), et elles sont emboîtées l'une sur l'autre par un joint pendant, ou d'équerre au limon, auquel elles sont perpendiculaires. Cependant, comme le recouvrement donne assez de stabilité à l'ensemble pour qu'il puisse se soutenir sans cet auxiliaire, on peut n'en point mettre, si on le juge convenable. Dans ce cas, il faut avoir soin de réunir les marches par des clefs *m*, entaillées dans les joints et serrées par-dessous au moyen de chevilles, afin de prévenir le relâchement des assemblages.

Cette manière de construire, qu'on nomme *manière à l'anglaise*, ne s'emploie guère que pour les beaux escaliers, où il convient toujours de profiler les marches par le bout; car il est préférable, sous le rapport de la solidité, de n'avoir qu'un limon continu et dont différentes parties soient même reliées entre elles par des plates-formes en fer (fig. 7) entaillées de leur épaisseur, et, en outre, maintenues, pour leur écartement, par des boulons scellés aux parois de la cage : cette seconde espèce d'escalier est dite en *demi-anglaise*.

La forme représentée par la figure 8 est celle qu'on adopte assez généralement pour les maisons particulières : elle est sensiblement elliptique. Elle pourrait être circulaire ou bien présenter des parties droites plus allongées ; mais, par sa disposition, elle obvie, autant que possible, au défaut qu'entraînait toujours un noyau plein, parce que, dans la disposition dont il s'agit, les deux courbes intérieure et extérieure, sur lesquelles les marches s'appuient, diffèrent moins l'une de l'autre que dans un noyau plein, et que, par suite aussi, les marches y ont à peu près partout la même largeur.

Pour les balancer, on fera comme dans la figure 1, et celles qui répondront à la partie circulaire devront d'abord tendre au centre du *jour*, ou, ce qui est la même chose, au centre de chaque portion de courbe.

Quant aux assemblages des diverses parties du limon, soit qu'on le fasse apparent ou à crémaillère, on se conformera à ce qui a été prescrit plus haut pour les autres escaliers.

La figure 9 *bis* représente un escalier entièrement circulaire, et pour lequel le genre d'assemblage représenté par la figure 6 convient particulièrement; parce que cette forme ne permet guère l'emploi de grandes portions de limon provenant d'un même morceau de bois : cette forme convient aussi aux escaliers dérobés et à ceux des établissements publics, aux cafés, aux restaurants, et, en général, aux localités d'un espace tel qu'il est indispensable, pour trouver le développement d'un escalier, de lui faire faire sur lui-même plus d'une révolution.

La courbe du limon dans un escalier de ce genre, qu'on appelle aussi *escalier à vis*, revenant à plusieurs reprises sur elle-même, est une hélice dont la construction est indiquée aux notions de géométrie.

Enfin, les escaliers dont nous venons de parler, s'appellent aussi *escaliers à jour, escaliers tournants* ou *escaliers à noyaux évidés*.

Relativement au-dessous des marches, on sait qu'il se plafonne sur lattis, comme les plafonds appliqués sur solives.

Au reste, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage indiqué dans l'avant-propos, pour tous les détails du tracé et de la construction des escaliers, détails que les limites de cet ouvrage ne nous ont pas permis de consigner ici (1).

SECTION II.

Des Combles.

La toiture d'un édifice comprend deux parties distinctes, qui sont le comble et la couverture.

Les bois qui forment le comble et la couverture de sa surface extérieure, sont les deux éléments qui entrent à la fois dans la dépense d'un toit.

Le comble détermine la forme du toit, et présente comme lui des surfaces extérieures inclinées, planes, courbes ou cintrées, ayant pour objet de faciliter l'écoulement des eaux pluviales et des neiges, dont le toit garantit l'édifice.

Les matières dont on recouvre les combles et qui forment le plus communément leur couverture, sont l'ardoise, la tuile, le plomb, le cuivre et le zinc.

(1) Nous avons publié dans l'*Encyclopédie-Roret* un *Manuel spécial sur la construction des escaliers en bois*, 1 vol. avec atlas, auquel nous renvoyons le lecteur qui voudrait acquérir des notions plus étendues sur cette importante partie de l'art du charpentier.

Les combles, en raison des formes qu'ils affectent, peuvent se diviser en deux espèces principales : l'une, comprenant les combles formés de surfaces planes ; l'autre, ceux dont les surfaces sont courbes ou cintrées. Dans la première espèce, les surfaces sont indifféremment nommées *pans* ou *égoûts* (1) : ils se nomment simplement *égoûts* dans les surfaces courbes.

De la hauteur des combles.

La hauteur qu'il convient de donner à un comble, eu égard à sa base, doit être déterminée principalement d'après l'espèce de couverture qu'on veut lui faire supporter.

Dans les contrées où les pluies et les neiges sont abondantes, il convient cependant de tenir cette hauteur plus grande que dans les pays méridionaux, afin de donner à leur toiture une plus forte inclinaison (2).

La pente, la nature et le poids des matières qui forment la couverture d'un comble, font varier sensiblement les dépenses nécessaires à son établissement. Dans le cas d'une terrasse, par exemple, la surface d'une couverture est égale à celle même de l'espace à couvrir.

Un comble d'un tiers de pente a un cinquième de plus d'étendue que sa projection horizontale, et, si cette pièce est de 45°, la surface est égale en développement à une fois celle de la base, plus les 2/5 de cette base.

Enfin, la dépense augmente de plus en plus avec la pente du toit, de telle sorte que, sous un angle de 60°, le profil qui offre alors un triangle équilatéral donne une superficie double de sa projection.

Le cube de bois de la charpente augmente aussi en raison de l'élévation du comble, par la nécessité où l'on est alors de donner plus de force aux assemblages et aux diverses pièces qui les forment, afin qu'elles puissent résister à l'action des vents.

Relativement aux matières qui recouvrent les combles, il faut encore remarquer qu'elles diffèrent essentiellement de poids entre elles. Ainsi, la toise carrée de couverture en zinc pèse, n° 14, 25 kilogrammes, ou le mètre carré 6 kil.579 ; en ardoises 70 kilogrammes environ la toise, ou 13 kil.50 le mètre carré ; en tuiles plates 342 kilogrammes la toise, ou 90 kilogrammes environ le mètre carré ; et en tuiles creuses

(1) Ces surfaces s'appellent aussi *versants* ou *rampants*.

(2) On entend par *inclinaison* l'angle formé par le plan incliné du comble avec l'horizon, c'est-à-dire avec un plan de niveau.

305 kilogrammes la toise, ou 90 kilogrammes environ le mètre carré.

Le zinc est donc deux fois et demie plus léger que l'ardoise, et quatorze fois plus léger que la tuile. Il l'est considérablement plus que le cuivre et que le plomb.

Mais, à ces poids, il faut également ajouter celui des neiges dont une couche équivaut à une tranche d'eau de même surface ayant environ pour épaisseur 1/20 de l'épaisseur de la neige.

Les charpentes destinées à supporter ces derniers matériaux doivent donc présenter des parties semblables en force : par conséquent, on dépense de plus en plus à mesure que la matière formant la couverture devient de plus en plus lourde.

D'après ce qui précède, on peut se rendre compte facilement de l'économie qu'il y a, en général, à donner aux combles la moindre hauteur possible, sous le double rapport de la charpente et de la surface à couvrir.

Cependant une couverture légère, par unité de surface, et susceptible d'être employée sous une très-faible pente, peut souvent exiger autant de bois qu'une autre qui serait plus pesante, mais qui exigerait une inclinaison très-prononcée; parce que, moins les bois sont inclinés, mieux ils résistent aux charges qu'ils ont à supporter.

Il ne faut pas omettre aussi que les combles surbaissés procurent un soulagement considérable aux murs d'appuis qui sont alors bien moins chargés. Voici à ce sujet quelques données expérimentales.

Il résulte d'un grand nombre de mesurages que, dans un bâtiment d'une longueur moyenne, le cube de bois d'un comble peut être évalué par mètre carré d'espace couvert à raison de :

0m.105 *cubes de bois pour un comble en ardoises, incliné à. . . .*	60°
0m.090 *cubes*, idem *en ardoises, incliné à. . . . .*	45°
0m.900 *cubes*, idem *en tuiles plates, incliné à. . . . .*	45°
0m.058 *à* 0m.068, idem *en tuiles creuses posées à sec sous l'angle de.. . . . .*	18 *à* 21°
0m.067 *à* 0m.720, idem *en tuiles creuses maçonnées sur une planche en bois sur le même angle.*	
0m.091 idem *en tuiles creuses maçonnées sur un pavé en briques de plat à la marseillaise, même inclinaison.*	

Toutefois, on n'a pas compris dans ces évaluations le cube du bois des tirants des fermes, parce que ces pièces entrent plus particulièrement dans la composition des planchers des greniers, où ils servent de poutre, et que, dans ce cas, leurs dimensions sont très-variables, selon les poids que les planchers ont à supporter et les points d'appui qui se trouvent en dessous : quelquefois même les tirants n'existent pas.

Dans un comble à 45°, la hauteur de la pente est égale à la moitié de la base, et l'angle, au sommet, est droit ; mais cette disposition, dite *d'équerre*, qui était fort en usage autrefois, est généralement rejetée de nos jours, ainsi que, à plus forte raison, celles où la hauteur est encore plus grande, attendu que les pentes qui en résultent donnent lieu à tous les inconvénients signalés plus haut.

Pour les tuiles plates, les hauteurs suivantes sont celles qui sont adoptées le plus ordinairement et comme *minimum* de pente. Dans les contrées septentrionales, la hauteur est ordinairement égale à 1/3 de la base, et l'inclinaison résultante est de 34° : dans les pays méridionaux, on ne donne, au contraire, à la hauteur, que le quart de la base, ce qui produit une inclinaison de 27° seulement. Cette pente pourrait même être moindre, si toutes les tuiles s'appliquaient aussi bien les unes sur les autres que les ardoises; mais la plupart du temps, elles sont gauches et mal fabriquées, et, par cette raison, elles offrent plus de prise au vent.

Pour les ardoises, dans les pays pluvieux, la hauteur ne peut être moindre que le tiers de la largeur, parce que les ardoises ont l'inconvénient non-seulement d'absorber l'eau, mais encore, à cause de leur surface lisse, celui de la laisser remonter entre les parties en recouvrement, ce qui, comme on le sait, est un effet de la capillarité. Au reste, dans les contrées où les pluies sont abondantes, la pente qui correspond au 1/4 et même celle qui correspond au 1/5, ou les inclinaisons à 22 et 27 degrés, peuvent suffire.

Pour les tuiles creuses, le *minimum* pour la hauteur est de 1/5 ou 1/6 de la base, ce qui donne une pente de 22 degrés à 18° 1/2; et le *maximum* est le 1/4 ou 27°, afin qu'elles ne glissent pas. Cette pente, ainsi qu'on le remarquera, est plus faible que les précédentes, parce que chaque rangée de tuiles creuses forme un chéneau, et donne ainsi à l'eau qu'elle rassemble plus de force pour s'écouler.

Quant aux matières métalliques, elles ne limitent aucune pente, si ce n'est celle qui est indispensablement nécessaire à l'écoulement des eaux, comme, par exemple, dans le cas d'une terrasse.

Les combles surhaussés défigurent généralement les édifices, et, comme habitations, ils ne présentent que des abris malsains, trop chauds en été, trop froids et humides en hiver.

Des combles formés de surfaces planes.

Ces combles peuvent être combinés d'une infinité de manières; mais nous ne parlerons ici que de ceux qui sont d'un usage fréquent dans les constructions ordinaires. Cependant, pour ne rien laisser à désirer à cet égard, nous avons mis, dans le Vocabulaire qui termine cet ouvrage, la nomenclature des différentes formes qu'on peut leur donner.

On divise, en général, les toits en *combles simples*, en *combles brisés* ou à la *Mansard*, et en *combles* dont la figure est *pyramidale*. Les uns et les autres se distinguent aussi par le nombre des égouts.

Les *combles simples* sont à un ou à deux *égouts*, ceux qui n'en ont qu'un se nomment *appentis*. Les appentis s'emploient spécialement pour couvrir les bâtiments et le *shangars* adossés contre d'autres bâtiments ou contre des murs isolés, comme dans la figure E (pl. V). On verra ci-après, et par la seule comparaison de cette figure avec toute autre représentant deux égouts, que les pièces qui forment les deux espèces de toiture sont à peu près les mêmes pour les deux cas : on concevra, d'ailleurs, que l'exemple que nous donnons peut varier en raison des circonstances.

Les *combles* qui n'ont que deux *égouts*, sont formés par deux versants inclinés en sens contraire, qui forment un angle au sommet, et dont les extrémités sont terminées par des murs triangulaires qu'on nomme des *pignons*.

Les *pignons* non-seulement terminent les combles, mais ils servent aussi à porter quelques-unes des pièces principales de la charpente, telles que les *pannes a* et le *faîtage b*, dont nous indiquerons ci-dessous l'usage.

Lorsque les combles ont peu de longueur, les pannes et le faîtage sont simplement portés par les pignons; mais s'ils ont plus de 4 à 5 mètres, quelle que soit d'ailleurs leur forme, ils s'exécutent par travées et alors ils sont composés de *fermes cc* : ces fermes sont des assemblages de plusieurs pièces servant à supporter les pans, et tenant lieu de pignons.

Les fermes sont aux combles ce que les poutres armées sont aux planchers; mais, quelque bien qu'elles soient construites, elles ne peuvent jamais avoir la stabilité ni la solidité d'un pignon en maçonnerie. Dans leur construction,

on doit toujours avoir égard, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, au but qu'on se propose d'atteindre, au pays où elles se construisent, aux dimensions des bâtiments, et enfin, aux charges qui résultent du poids des matières qui sont destinées à former leur couverture.

On nomme *travée* la distance d'une ferme à l'autre : cette distance est généralement de 3 mètres au moins, et de 4 mètres au plus.

Chaque ferme (fig. 1, pl. V) se compose d'un certain nombre de pièces que nous allons successivement indiquer.

1° Deux arbalétriers *a* servant à porter quelques-unes des diverses pièces formant le comble.

2° Un *entrait* ou *tirant b*, dans lequel les arbalétriers sont assemblés, posé horizontalement et servant à prévenir leur écartement et à supporter l'ensemble de la ferme : cet entrait est ordinairement appuyé sur la partie supérieure des murs, mais quelquefois il y est encastré par ses extrémités, comme dans la figure 16 : dans la figure 4, on en voit un porté par deux plates-formes *a b;* mais il présente ainsi bien moins de stabilité.

3° Un second entrait *c*, *faux*, ou *retroussé*, est souvent placé parallèlement au tirant : assemblé dans les arbalétriers, il les empêche de ployer.

4° Un *poinçon d*, dans lequel s'assemblent les arbalétriers, prévient la flexion du faux-entrait.

5° Des *contre-fiches e* sont assemblées dans le poinçon pour raidir les arbalétriers.

6° Enfin, des *aisselliers f* s'emploient quelquefois pour fortifier l'entrait.

Dans les constructions simples, ou quand les arbalétriers ont peu de portée, on remplace les aisselliers par des *jambettes a*, (fig. E, pl. V) : alors les jambettes servent non-seulement à fortifier les arbalétriers, mais encore à prévenir leur glissement sur l'entrait, dans le cas où les tenons des extrémités viendraient à manquer. On obtient ce résultat en donnant aux jambettes une légère inclinaison dans le sens même des arbalétriers. Dans quelques circonstances cependant, on fait usage des jambettes, indépendamment *des aisselliers*, comme dans la figure 13.

Les fermes ainsi disposées servent à porter un assez grand nombre d'autres pièces, nommées *sous-faîtes, faîtages, pannes, tasseaux* ou *chantignoles, chevrons, coyaux* et *chanlattes*, qui, conjointement avec celles nommées *plates-formes* ou *sablières, entretoises* et *blochets*, concourent à la formation générale d'un comble, et en assurent la solidité.

Le *sous-faîte g* (fig. 1) s'assemble dans les faux entraits, afin d'augmenter la stabilité des fermes.

Le *faîtage h*, comprenant plusieurs pièces placées bout à bout les unes à la suite des autres, lorsque le bâtiment a beaucoup de longueur, forme le *faîte* ou *sommet* du comble : il est porté par tous les poinçons des fermes, qui y sont assemblés par leurs sommets taillés en tenon, et ses extrémités sont appuyées sur les murs des pignons. Quand le faîtage vient aboutir à des pignons avec cheminées, au lieu de l'y encastrer par ses extrémités, ce qui l'exposerait à être brûlé, on le soutient sur un chevalet dont le bas est porté par une espèce de *semelle* posée communément en travers sur les pannes.

Les *pannes i* (fig. 1), portées par les arbalétriers, s'appuient aussi par leurs extrémités sur les pignons : elles servent à soutenir et à fortifier d'autres pièces *m* nommées *chevrons*, lorsque ces derniers ont trop de portée.

Les *tasseaux* ou *chantignoles k* sont de petits morceaux de bois assemblés ou fixés par des boulons ou de forts clous sur les arbalétriers, afin de soutenir les pannes : le *tasseau* est coupé carrément de tous côtés (fig. 17), tandis que la *chantignole*, coupée de même par un bout, est coupée en biseau par l'autre.

Les *chevrons m* sont des pièces sur lesquelles se clouent les lattes destinées à recevoir les tuiles ou les voliges des couvertures en ardoises, etc. Ces pièces se placent sur les pannes, dans le sens de la pente du toit, s'appuient, par leur extrémité supérieure, sur le faîtage avec lequel elles sont chevillées, et s'assemblent par leur pied dans une plate-forme *n*. Enfin, on les espace ordinairement entre elles de 44 centimètres de milieu en milieu, et elles forment, par leur ensemble, ce qu'on appelle le *lattis* du comble.

La *plate-forme* ou *sablière n* est une pièce dont l'épaisseur est toujours moindre que la largeur : elle se place généralement sur le haut des murs. Quelquefois cependant on la fait reposer sur les extrémités des entraits, comme dans la figure 22 ; mais, dans tous les cas, elle est destinée à recevoir le pied des chevrons dans des pas qui y sont entaillés par embrèvement (fig. 12, pl. V).

Lorsque les murs ont beaucoup de largeur, ou que l'on veut éviter le tassement inégal qu'exercent sur l'entablement les pièces *o* nommées *coyaux*, on met une *double plate-forme* composée de deux pièces, dont l'une reçoit le pied des chevrons, et dont l'autre supporte les coyaux.

Les *entretoises*, sont de petites pièces placées en travers

sur les doubles plates-formes pour les *entretenir*, c'est-à-dire, les relier, afin de prévenir leur écartement.

Les *blochets* 2 (fig. 16, pl. V) sont des pièces de peu de longueur, mais d'un équarrissage assez fort, qui, dans certains combles, remplacent l'entrait : ils sont destinés à recevoir le pied des arbalétriers et des arêtiers, lorsque ceux-ci aboutissent à des angles ; ils se posent sur le haut des murs, ou sur les plates-formes, avec lesquelles ils sont assemblés, ainsi qu'avec les jambes de force, comme l'indique la figure 17, qui représente, en outre, le pied du chevron *a*, qui est fixé par embrèvement, et le coin *b*, qui fixe le blochet à la jambe de force. La figure 38, pl. II, représente les détails en grand des divers assemblages d'un blochet.

Les *coyaux* *o* sont de petits chevrons qui s'appuient à la fois sur les grands chevrons et sur la double plate-forme et sur l'entablement du bâtiment, afin de rejeter les eaux au-delà des murs : ils ne s'emploient que lorsque les combles ont beaucoup de pente, et lorsque les chevrons sont posés sur la plate-forme.

Enfin, la *chanlatte* est une pièce de bois *r* destinée à recevoir les tuiles ou ardoises, afin de rejeter aussi les eaux pluviales au-delà du pied du mur.

DES COMBLES FORMANT CROUPE, ET DES DIFFÉRENTES PIÈCES DE CHARPENTE QUI ENTRENT DANS LEUR COMPOSITION.

Souvent, au lieu de terminer les combles par des pignons en maçonnerie, on remplace ceux-ci par des pentes triangulaires (fig. 2 et 3, pl. V), formant égout : on leur donne le nom de *croupe*. Alors les grandes faces se nomment des *longs-pans*, et les angles formés par la rencontre des *croupes* et des *longs-pans* se nomment *angles d'arêtiers*. Les figures 1, 2 et 3 représentent les détails de cette espèce de comble : la première indique une coupe en travers ; la seconde, une autre coupe prise dans la longueur, et la troisième en est le plan.

Les *croupes* sont toujours formées par des moitiés de fermes P et Q (fig. 3, pl. V) : l'une d'elles P se nomme *demi-ferme de croupe*, et chacune des deux autres Q, Q, *demi-ferme d'arêtiers*. Celles-ci vont, du milieu *r* de la ferme la plus voisine de l'extrémité du comble, aux angles du bâtiment : la première, la demi-ferme de croupe, qui ne s'emploie que dans les combles qui ont une très-grande largeur, est placée juste dans le prolongement du faîtage. Ces demi-fermes sont généralement composées d'une manière semblable aux fermes entières ; mais les pièces qui remplissent

les fonctions d'entraits prennent ici la dénomination de *demi-entraits*.

Le demi-entrait qui se trouve placé dans le prolongement du faîtage et que l'on voit projeté en *s*, fig. 2 et 3, s'assemble par un bout dans l'entrait des longs-pans, et se pose par l'autre bout sur le mur du pignon. Ceux qui correspondent aux deux arêtiers peuvent s'assembler, de même que le précédent, dans l'entrait; mais il est préférable de les appuyer sur des pièces nommées *goussets* (Voyez la lettre *t*, fig. 3), attendu que, par ce moyen, l'entrait se trouve moins affaibli par les assemblages qui, dans l'hypothèse dont il s'agit, se trouveraient tous réunis vers le même point.

Pour établir les goussets, on les assemble diagonalement d'une part dans l'entrait, et de l'autre dans le demi-entrait, ainsi que l'indique la figure 3. On peut aussi en placer dans les angles de la croupe, tel qu'en *u*, lorsqu'on n'a pas à sa disposition des bois d'une assez longue portée pour former le demi-entrait d'arêtier.

Enfin, les *empanons* sont des pièces *v* d'inégales longueurs, que l'on voit appuyées, par une extrémité, sur les arêtiers où elles sont assemblées, et par l'autre dans la plate-forme. Ces pièces sont appelées *empanons* pour les distinguer des chevrons de long-pan, qui, au lieu de reposer sur les arêtiers, s'appuient sur le faîtage; mais celui du milieu, qui est le plus long, s'assemble par le haut dans le poinçon, et par le bas dans la plate-forme. On le désigne aussi, pour le distinguer des autres, par le nom de chevron de *croupe* ou de *ferme*.

Les figures 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 (pl. V) indiquent les détails en grand des assemblages, et les dispositions respectives des diverses pièces dont nous venons de parler : elles trouvent leur application par les lettres de renvoi aux figures correspondantes 1, 2 et 3. La figure 5 montre, vu par dessus, le faîtage dans lequel sont assemblés les arêtiers Q, les empanons et les chevrons de croupe *v*. La figure 6 indique l'assemblage des arêtiers Q sur le poinçon *d*, au moyen d'une entaille X (fig. 7), faite dans le bout de l'arêtier, à la demande du poinçon, et suivant l'angle d'écartement de l'arêtier. Les figures 8 et 9 donnent les détails d'une autre manière d'assembler les arêtiers avec le poinçon : elle consiste à trancher diagonalement et en biais le sommet du poinçon, suivant l'angle d'inclinaison de l'arêtier 1 qui s'appuie dessus. L'arêtier Q porte un tenon 2 que reçoit une mortaise 3, pratiquée dans le poinçon. Les figures 10 et 11 indiquent deux autres manières d'assembler les chevrons au faîtage.

Enfin la figure 12 donne les détails en grand des différentes parties qui correspondent aux lettres de renvoi des figures 1, 2 et 3.

Indépendamment des assemblages ci-dessus, il en est d'autres encore que l'on peut appliquer aux diverses pièces qui forment les combles; mais, pour ne point nous répéter, nous renvoyons nos lecteurs au chapitre qui y est spécialement consacré.

Pour compléter autant que possible tout ce qui précède, nous allons donner l'explication de quelques épures de l'école polytechnique représentant : 1° une croupe droite ayant les arêtiers, le poinçon, le coyer et les chevrons de ferme *dévoyés*; 2° une croupe biaise, avec les mêmes pièces également dévoyées et les empanons *délardés* ou *déversés*. Nous ferons connaître par là ce qu'on entend par *dévoyer*, *délarder* et *déverser*; la manière d'effectuer ces opérations, ainsi que la marche à suivre pour opérer les développements et les rabattements en général, ce dont nous n'avons point encore parlé.

1° *Croupe droite* (fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6, pl. VI), *ayant les arêtiers, le poinçon, le coyer et le chevron de ferme dévoyés.*

Voici la nomenclature des diverses pièces composant cette croupe : *a*, *a'*, entrait ou tirant; *b*, coyer; *c*, gousset; *d*, *d'*, arêtier; *d''*, le même vu par dessous; *e*, *e'*, poinçon; *f*, *f'*, chevron de ferme; *f''*, le même vu par dessous; *g*, *g'*, chevron de long-pan; *h*, *h'*, faîtage; *i*, pas de chevron de long-pan; *i'*, *idem* des empanons; *k*, *k'*, chevron de demi-ferme de croupe; *k''*, le même vu par dessous; *l*, *l'*, queues d'aronde que l'on fait entrer de toute leur épaisseur dans les plates-formes, pour retenir ces dernières placées bout à bout; *m*, *m'*, empanon de croupe et de long-pan; *n*, demi-entrait de croupe.

Dans toute espèce de comble, les arêtes intérieures 5-6 et 6 *m*, des plates-formes, se nomment *lignes de gorge*. Quand les croupes sont droites, et que la distance du pied de poinçon à ces lignes est la même, par rapport au long-pan et par rapport à la croupe, l'arêtier et son arête supérieure partagent en deux parties égales l'angle du bâtiment auquel il correspond; ils suivent, par conséquent, en projection, la direction de la diagonale d'un carré.

Il n'en est pas ainsi lorsque ces distances sont inégales, c'est-à-dire lorsque celle qui correspond au milieu de la croupe est la plus petite; car, dans ce cas, la projection ho-

rizontale xz de cette arête, toujours plus inclinée vers la base de la croupe que vers celle du long-pan, devient, en projection, la diagonale d'un parallélogramme ou d'un trapèze, selon la forme du bâtiment.

Cette ligne, qui est la projection de l'arêtier, résulte de la rencontre du plan du lattis du long-pan avec le plan de la croupe; et le point z, de rencontre de cette diagonale avec la plate-forme, détermine le pied de l'arêtier, qui doit nécessairement se trouver sur cette ligne.

Pour conserver trois des faces des pièces rectangulaires destinées à former les arêtiers, en laissant à ceux-ci toute l'épaisseur possible, on dispose ces pièces de manière que leurs faces supérieures passent par l'arête xz, intersection de la croupe et du long-pan, et que, cependant, les deux faces latérales des pièces employées restent verticales.

Comme les deux arêtes inférieures des arêtiers doivent aboutir aux bords inférieurs des pas de chevron, il est évident que l'arêtier devra être dévoyé, c'est-à-dire que les faces latérales verticales seront inégalement distantes du plan vertical de l'arête mentionnée.

Par suite de ce procédé, l'*arêtier dévoyé* se trouve avoir deux faces supérieures inégales et non semblables, mais néanmoins toujours inclinées l'une à l'égard de l'autre, suivant l'angle formé par le plan de la coupe avec celui du long-pan. Cela entraîne à plusieurs déplacements, savoir : déplacement des tenons de l'arêtier et du poinçon; déplacement du poinçon lui-même par rapport au tirant; déplacement du coyer, et enfin déplacement des chevrons de ferme. Tous ces déplacements divers sont rendus sensibles par la figure 1, pl. VI.

Pour dévoyer le coyer, l'arêtier et son tenon, leurs dimensions étant données, ainsi que le sommet x de la croupe, on mènera d'abord xz qui est la projection de l'intersection du long-pan et de la croupe, ou bien encore celle de l'arête supérieure de l'arêtier : par le pied z de cette dernière, on élèvera la perpendiculaire $z1$, sur laquelle on portera les largeurs de l'équarrissage donné, qui sont $z1$ pour le coyer, $z2$ pour l'arêtier, $z3$ pour le tenon. Ensuite, pour les obtenir en plan, on abaissera sur la ligne d'about $z4$, du pied de l'arêtier, les droites 1-4, 2-5 et 3-6, parallèlement à la ligne de gorge de la croupe : celles-ci couperont $z4$ en des points 4, 5, 6, d'où l'on portera successivement les trois dimensions ci-dessus, qui seront les largeurs respectives du coyer, de l'arêtier et de son tenon, que l'on doit diriger suivant zx.

Pour déterminer la position du poinçon, dont le milieu du tenon doit correspondre à la verticale abaissée du sommet de la croupe, on porte sur la ligne *mn* passant par ce sommet (fig. 1), et à partir du point *x*, qui le représente, la moitié de son équarrissage donné *xx' x z''*, et l'on abaisse ensuite les perpendiculaires *x' e*, *z'' e'*, qui rencontrent les arêtes des croupes aux points *e*, *e'*, lesquels, étant joints, donnent l'une des faces du poinçon. Celui-ci étant carré, il sera facile d'obtenir les autres faces en portant la largeur *e e'* sur les perpendiculaires *e x*, *e' z''*.

Quant à la manière de déterminer la position des chevrons de ferme, on se conduira comme on l'a fait pour l'arêtier.

Lorsqu'un arêtier, un chevron de croupe et un chevron de ferme aboutissent au même poinçon, on est obligé d'amaigrir verticalement leurs extrémités supérieures, afin de faciliter leur jonction, ainsi que l'indique la figure 1; cette coupe se nomme un *déjoutement*, et les joints qui en résultent doivent toujours tendre au centre dévoyé du poinçon.

En jetant les yeux sur l'ensemble des pièces de la figure 1, qui forment la partie désignée à la planche sous le nom d'*enrayure* (*voyez* le *Vocabulaire*, pour la définition de ce mot), l'on voit que le chevron de croupe, les coyers et les goussets ne sont assemblés qu'à tenon dans le tirant; on est donc porté à croire, au premier abord, que rien ne s'oppose à ce que le lattis n'entraîne la plate-forme sur laquelle il est placé. Il n'en est toutefois point ainsi; car, pour que la demi-ferme de croupe pût glisser, et par conséquent se mouvoir, il faudrait que les goussets se transportassent parallèlement à eux-mêmes, ce qui est impossible, à cause du coyer qui les retient, et qui lui-même est retenu par le grand tenon de la plate-forme de long-pan.

Nous allons maintenant parler des rabattements, afin de faire voir comment on peut obtenir les longueurs véritables des pièces inclinées représentées en plan (fig. 1) et en élévation (fig. 2); et en général, comment on peut obtenir les développements d'une figure quelconque.

Ces opérations se font en coupant les corps dont on veut déterminer rigoureusement la forme, par des plans qui sont perpendiculaires à leurs arêtes, ou en projetant leurs diverses dimensions sur d'autres plans qui sont parallèles à ces mêmes arêtes, et que l'on rabat ensuite sur le papier. Ainsi, pour obtenir les véritables longueurs et tous les détails des assemblages des chevrons et des empanons de croupe (fig. 1, 2, pl. VI), on mènera d'abord les lignes *u*V et X*z'*, qui re-

résenteront les traces horizontale et verticale d'un plan assant par le milieu d'un faîtage, qu'il coupe ainsi que les utres pièces qui se trouvent placées dans sa direction, et ur lequel on suppose qu'elles se projettent aussi bien que empanon de croupe. Ensuite on fera tourner ce plan autour e X z', pour le rabattre, ainsi que l'indique la figure 3, ce ui est supposé avoir lieu pour les opérations qui suivent : n prolonge horizontalement la ligne op du plan supérieur e l'entrait jusqu'en q; on y porte, à partir du centre e' du oinçon, toutes les dimensions correspondantes au plan couant, et on a, par ce moyen s' égale à $r s'$, r' étant le ied du chevron de croupe. Ensuite, par le point h' (fig. 1 t 2), sommet de l'angle formé par la rencontre des cherons de ferme, on mène l'horizontale $h'1$ qui coupe l'axe lu poinçon dévoyé au point 1, dont la réunion avec r' donne a ligne 1 r' ou la face supérieure du chevron de croupe, et lont l'épaisseur s'obtient de la même manière. Quant à la face inférieure, on aura sa véritable forme et sa largeur en faisant son rabattement au moyen des perpendiculaires 1 1', 2 2', 3 3', 4 4', 5 5', etc., menées par tous les différents points des parties des assemblages, et en portant sur ces mêmes perpendiculaires des dimensions correspondantes au plan (fig. 1) et au profil (fig. 2).

On effectuera le rabattement de l'empanon m', ainsi que celui des figures 5 et 6, par des moyens analogues à ceux que nous venons de décrire; la marche à suivre dans ces opérations est d'ailleurs suffisamment indiquée dans l'épure.

La figure 4, pl. VI, représente ce qu'on nomme une *herse*, c'est-à-dire un plan mené parallèlement au lattis de croupe, et sur lequel on a mis en projection tous les chevrons. Pour avoir sur ce même plan les projections de ceux de longs-pans, on fait tourner le plan dans lequel ils sont situés, autour de l'intersection commune ab, qui répond à xz (fig. 1), jusqu'à ce qu'il se trouve dans le plan du lattis de croupe. On appelle cette opération *mettre en herse*.

2° *Croupe biaise; empanon délardé et empanon déversé.*

Dans une croupe, lorsque le mur du pignon n'est point perpendiculaire à l'axe du bâtiment et que les arêtiers sont d'inégales longueurs, comme dans la figure 7, pl. VI, on dit que la croupe est biaise; mais le moyen qu'on emploie pour dévoyer les pièces qui la composent est le même que celui dont on se sert pour la croupe droite. Cependant, il est bon de remarquer que l'*empanon* peut, dans le cas dont il s'agit,

recevoir deux formes différentes, c'est-à-dire qu'il peut être *délardé* ou *déversé*.

L'empanon *délardé* est celui dont deux des faces sont verticales, et les autres parallèles au plan du lattis de long-pan ou de croupe, selon qu'il correspond à l'un ou à l'autre de ces deux versants, ce qui fait que ces faces ne sont point à angle droit, quoique parallèles deux à deux.

L'empanon *déversé*, au contraire, a ses angles droits, c'est-à-dire que deux de ses faces sont perpendiculaires au lattis; d'où il suit, qu'à équarrissage égal, l'empanon déversé est le plus fort, puisqu'il lui reste plus de bois qu'à celui qui est délardé, auquel il doit être préféré.

L'empanon délardé.

Pour déterminer la forme d'un empanon délardé, on doit trouver : 1° la quantité de bois dont il faut le délarder de chaque côté, de manière à obtenir que ses deux faces latérales soient verticales; 2° la figure et la position de sa face de contact avec le plan vertical de l'arêtier dans lequel il est assemblé; 3° la forme de son tenon; 4° enfin la coupe de son pied, à sa rencontre avec la sablière.

Lignes données.

Soient A et A' (fig. 8, pl. VI) les projections horizontale et verticale de l'arêtier, données l'une et l'autre par les lignes BC, B'C' et leurs parallèles; A'', un profil de la croupe que l'on a obtenu en faisant une coupe suivant DE; *a b*, la largeur de l'empanon prise perpendiculairement à son axe *x z*, mené parallèlement à la face *c y* du bâtiment (direction que l'on donne toujours aux empanons des croupes biaises); *e f*, *g h*, les projections horizontales des arêtes par lesquelles doivent passer les faces verticales; *f h*, la projection de la face de contact ou de rencontre de l'empanon avec l'arêtier; enfin, *f* 7 8 *h*, celle du tenon que l'on se donne, en ayant soin, toutefois, de la proportionner aux dimensions des pièces assemblées, et en menant son petit côté, projeté en *h* 8, perpendiculairement à la face de l'arêtier, afin de donner au tenon plus de force qu'il n'en aurait s'il était terminé dans cette partie par un angle aigu.

Tracé des faces verticales.

Les faces dont il s'agit étant verticales, sont projetées horizontalement suivant les lignes *e f*, *g h*, parallèles à *x z*.

Ces droites représentent leurs arêtes supérieures; les inférieures sont données par les lignes *k' f*, *l' h*. Pour avoir

leurs véritables longueurs, et par conséquent celles des faces, on mettra l'empanon et l'arêtier en *herse*, c'est-à-dire qu'on en effectuera le rabattement sur le plan horizontal autour de la ligne d'about C D. Cependant, pour ce qui concerne l'arêtier, comme on n'a opéré que sur la face verticale projetée suivant B C, il suffira de rabattre seulement celle-ci, sans avoir égard aux autres, ce qui se réduit à en trouver les arêtes supérieure et inférieure. Pour avoir la première, on prendra simplement sur le profil de la croupe une distance quelconque *nn'* que l'on portera de D en E, et l'on mènera B E, qui sera la ligne demandée. Mais pour avoir la deuxième, représentée en projection horizontale par *o* C, et en projection verticale par *o' c''*, on élèvera la perpendiculaire *pp'*; on rabattra le point *p'* en *p''*, au moyen des lignes de construction indiquées par la figure, et l'on mènera *p''* C' parallèle à l'arête supérieure B E; cela donnera l'arête inférieure correspondante.

Cela fait, on mènera parallèlement à D E les lignes *h* 1 et *f* 6, qui, par leur rencontre avec B E, donneront les points 1 et 6, c'est-à-dire *h* et *f* rabattus. Ensuite on joindra ces mêmes points 1 et 6 avec *e* et *g*, qui sont invariables, comme étant situés dans le plan de la sablière, et les lignes 1 *g*, 6 *e* seront les véritables longueurs des arêtes supérieures de l'empanon.

Quant aux arêtes inférieures, pour les avoir, on fera une construction analogue à la précédente, et l'on aura 5 *k'* et 4 *l'* pour les lignes demandées; en sorte que, menant *k' e* et *l' g*, on aura aussi les deux faces verticales rabattues. Par conséquent, *r s* représentera la plus grande épaisseur de la partie du bois à enlever à l'empanon, suivant la face *g l' h* 1 d'une part, et suivant la face *f* 6 *e k'* de l'autre. Cette largeur va en diminuant à mesure qu'on se rapproche des arêtes supérieures, où elle est nulle, c'est-à-dire, que la partie enlevée a la forme d'un prisme triangulaire.

Tracé de la face de contact.

Pour tracer la face de contact de l'empanon avec l'arêtier, sur la projection verticale de ce dernier, il suffira de mener à B C les perpendiculaires *ff''*, *hh''*, et la figure *f' f''*, *h' h''* sera la face cherchée. Lorsque l'on connaît cette face, on peut obtenir aussi, par elle, le rabattement des arêtes de l'empanon, en portant B' *h''* de B en 1, et B' *f''* de B en 6.

Tracé de tenon.

Pour avoir le tenon, c'est-à-dire, pour déterminer la véri-

table longueur de ses arêtes, ainsi que leur inclinaison, qui doit résulter du parallélisme qu'il faut conserver entre ces arêtes et celles de l'arêtier, comme on le voit (fig. 8), il faut d'abord porter son épaisseur sur la face de contact projetée en A' : cette épaisseur, comme on le sait, est ordinairement le tiers de la largeur de toute pièce assemblée, et ne présente, d'après cela, aucune difficulté à obtenir. Pour en effectuer le rabattement sur le plan horizontal, on mènera successivement, au moyen de l'épaisseur ci-dessus représentée en *r s* sur la face de contact A', et jusqu'en 2, 3, des lignes brisées *r r' r''* 2 et *s s' s''* 3, dont les intersections 2, 3 avec *h* 1 seront des points qui appartiendront à celle des faces du tenon qui se trouve projetée suivant *h* 8. Ensuite, on élèvera les perpendiculaires 22', 33' sur BE, jusqu'à la rencontre de la verticale 82' : leurs points communs donneront les deux angles du tenon projetés au point 8. Par ces derniers points, on mènera les parallèles 27', 37'', on joindra 7' avec 7''; puis enfin, par les points 7'7'', on tracera deux autres parallèles ou arêtes rabattues de l'empanon, jusqu'à leur rencontre avec *f*6, ou avec *r''*2 et *s''*3; et l'on aura ainsi la seconde petite face du tenon, celle qui se trouve dans le plan vertical *f*6*e*. De cette sorte, l'ensemble de la figure formée par les lignes 57'', 7''2', 3 et 4, sera la projection cherchée du tenon.

Tracé de la coupe du pied de l'empanon.

Il nous reste maintenant à déterminer la rencontre du pied de l'empanon avec la sablière. Si l'on suppose que le plan supérieur de celle-ci coupe l'empanon par le bas, il en résultera une section qui sera représentée par *eklg* (fig. 8, pl. VI), en projection horizontale, et par *pn*, sur A'' en projection verticale. L'angle d'inclinaison de cette section, par rapport aux faces supérieure et inférieure de l'empanon, sera le même que celui du lattis avec la sablière : d'où il suit que, connaissant cet angle, qui est toujours donné, il sera facile de le rapporter sur l'une des faces verticales, tel qu'on le voit en *pnp'*, afin d'avoir la rencontre cherchée. Comme le pied de l'empanon s'assemble par embrèvement dans la sablière, ce n'est point suivant la ligne *pn* qu'on doit le couper, mais suivant les lignes *p*9 et 9*n*, qui représentent la partie de l'embrèvement qu'il faut laisser en plus.

Dans le rabattement de l'empanon, le petit côté *n*9 qui est la projection verticale de la face d'aplomb de l'embrèvement, laquelle se trouve projetée horizontalement suivant *eg*, et devient *eg* 10' 10'', s'obtient en élevant 9 10 perpen-

diculairement à $p'n$, en mettant 10' 10'', et en abaissant e 10', g10''.

Indépendamment de ce qui précède, nous avons donné aussi une projection de l'empanon sur un plan parallèle aux faces verticales, afin d'ajouter, autant que possible, à l'intelligence de son tracé. Nous n'entrerons dans aucun détail sur la manière d'effectuer cette projection; car il suffit d'y jeter un coup-d'œil pour s'en rendre compte facilement.

Empanon déversé.

Pour déterminer la forme d'un empanon déversé, on partira des mêmes données que pour l'empanon délardé; excepté cependant que les projections horizontales des faces latérales et du tenon ne peuvent s'obtenir qu'au moyen de constructions particulières. Ainsi les lignes ef, gh (fig. 8, pl. VI) qui, dans l'empanon délardé, représentent les projections des faces verticales, ne seront plus dans l'empanon déversé que les arêtes par lesquelles devront passer les faces déversées.

Tracé des faces déversées.

Pour avoir les faces déversées, on fait passer un plan perpendiculaire à celui du lattis par un point quelconque r : ce plan, qui rencontre le lattis suivant l'horizontale rr' a pour trace verticale rs', et coupe, en un point r', l'arête gh de l'empanon. Menant ensuite par ce point, et dans le plan perpendiculaire au lattis, la perpendiculaire $r's'$, le point s' qui résulte de l'intersection de cette ligne avec la trace horizontale ss' du plan rr', fait connaître un point de l'arête inférieure de la face perpendiculaire au lattis, supposée prolongée jusqu'à sa rencontre avec le plan de la sablière; puisque cette face passe par une perpendiculaire au lattis menée par un point de l'arête supérieure de cette même face. Mais le plan dont gs' est la trace horizontale, coupe la ligne de gorge du pied de l'empanon au point l, par lequel doit passer l'arête inférieure; si donc on mène, par ce point, et parallèlement à gh, la ligne lh', et qu'on joigne l et g, on aura les arêtes inférieures de la face déversée $ghh'l$ perpendiculaire au plan du lattis, la dernière étant son intersection avec le plan de la sablière.

La construction à faire pour obtenir l'arête ekk', et par conséquent la face déversée $efk'k$, est la même que celle que nous venons d'indiquer ci-dessus. Ce qui revient, pour opérer plus simplement, à mener par les points e et k, les parallèles ek, kk', aux arêtes gl, lh'.

Pour avoir leurs véritables longueurs, on se conduira comme dans l'exemple précédent ; c'est-à-dire qu'on effectuera le rabattement de l'empanon et de l'arêtier sur le plan horizontal. Pour faciliter cette opération, nous avons placé les mêmes lettres aux points analogues dans les deux figures ; seulement, nous ferons observer que les faces déversées étant perpendiculaires au plan du lattis, et par conséquent, aux faces supérieure et inférieure de l'empanon, elles ne doivent présenter dans le rabattement qu'une seule et même ligne pour chacune d'elles.

Tracé de la face de contact.

On obtiendra cette face en menant par les points f, k, h, h', et perpendiculairement à BC, les lignes ff'', $k'f''hh''$ et $k'h'''$. On joindra f avec f''', et h'' avec h''', c'est-à-dire les points de rencontre de ces lignes avec les arêtes supérieure et inférieure de la projection verticale A : alors, le parallélogramme $f'f''h''h'''$ sera la face de contact cherchée.

Tracé du tenon.

Pour tracer le tenon, dont on ne peut trouver la projection horizontale qu'après en avoir fait le rabattement, on portera d'abord son épaisseur sur la face de contact, et on la reproduira, comme dans l'exemple précédent, jusqu'aux points 2 et 3. Ensuite, on mènera les lignes 22', 33', etc., qui représentent les petites faces extrêmes du tenon. Mais la direction de ces lignes exige une construction particulière, attendu que les faces auxquelles elles appartiennent ont à satisfaire à deux conditions, qui sont, d'être à la fois perpendiculaires au plan du lattis, ainsi qu'à la face verticale BC. A cet effet, on mènera par le point 12, rencontre de la projection horizontale de la face BC avec la trace du plan perpendiculaire au lattis, et par le point h, un autre plan perpendiculaire à l'arêtier, ainsi qu'au lattis, qu'il coupera suivant la ligne projetée en hu, et dont la trace horizontale sera 12 u, perpendiculaire à BC. Dans le rabattement, h deviendra 1 u, et indiquera, dans cette position, la direction à donner aux arêtes 22', 33'. Enfin, après s'être donné l'extrémité 78 du tenon, on achèvera la construction en suivant une marche analogue à celle qui a été indiquée pour l'empanon délardé.

Tracé de la coupe du pied de l'empanon.

Ce tracé est le même que pour celui du cas précédent ; mais, pour obtenir le rabattement de l'embrèvement reçu

par la sablière, il faudra prolonger la ligne *p*9 jusqu'à sa rencontre en *v* avec la projection verticale *rs* du plan perpendiculaire au lattis : il faudra projeter ensuite ce point en *v'*, mener *v'l* jusqu'en *g*, et le petit triangle *gg'l* sera le rabattement de la face *pn*9 du profil qui se trouve dans le même plan de la face déversée à laquelle il appartient. Quant à l'autre face, on fera la même opération, ou l'on se contentera de mener *ka'* parallèle à *lg'*. Enfin, pour avoir 9*n* en rabattement, on fera comme nous l'avons indiqué à la figure 8.

Toutes ces opérations sont plus minutieuses que difficiles à comprendre. Dans la pratique, on peut les simplifier beaucoup, puisqu'on a sous les yeux les principales données d'après lesquelles il est quelquefois possible de déterminer directement les diverses longueurs, ainsi que les angles de la coupe des assemblages ; mais, comme il se rencontre des circonstances où l'on tenterait vainement d'éluder la théorie, on doit donc se rendre familières, autant que possible, les opérations qui conduisent à des résultats certains.

DES FERMES QUI SONT D'UN USAGE FRÉQUENT DANS LES COMBLES.

Il est des fermes qui conviennent mieux aux combles qui ont beaucoup d'inclinaison, et d'autres aux combles qui en ont peu.

Voici l'explication de quelques-unes d'entre celles qui sont le plus usitées, et que nous avons représentées par leur moitié dans la planche V. Il suffira de bien les comprendre, pour se mettre à même d'en construire de plus compliquées en cas de besoin.

1° *Fermes surhaussées.*

Les fermes surhaussées ont en hauteur plus de la moitié de la largeur sur laquelle elles s'appuient.

Celle qui est représentée par la figure 3 était autrefois en usage dans les toits des édifices gothiques : les combles se composaient de *maîtresses-fermes*, espacées de 3m.20 en 3m.20, et de fermes intermédiaires ou de *remplage*, de 65 en 65 centimètres. Les premières avaient 16 centimètres de grosseur, et les secondes 27 millimètres de moins. Les liens et les jambettes sont assemblés dans les chevrons, et ces dernières ont pour base des blochets.

La figure 14 est une autre ferme surhaussée dont la hauteur est égale à la largeur ; elle est moins ancienne que la

précédente. On peut encore la voir dans les vieux bâtiments de Paris, où elle a été longtemps en usage.

2° *Fermes en équerre.*

Les *fermes en équerre* ont en hauteur la moitié de leur largeur totale.

Celle qu'on voit représentée par la figure 15 est tracée d'après Bullet : sa pente est de 45 degrés. Elle est une espèce intermédiaire entre les anciennes fermes et celles qui sont dites *surbaissées*, dont on se sert fréquemment aujourd'hui. Les pièces qui la forment sont les mêmes que celles de la figure 1, dont nous avons parlé plus haut. Son tracé s'obtient en élevant une perpendiculaire *a b* (fig. 15 et 15 *bis*) sur le milieu d'une ligne *c d* qui représente la largeur que l'on veut donner à la base du comble. Ensuite du point *a*, comme centre, et avec un rayon *ac* égal à la moitié de la base *c d*, on décrit un demi-cercle *c b d*, qui coupe *a b*, en un point *b*, sommet du comble, d'où l'on tire les lignes *bc* et *bd*, qui représentent l'inclinaison et les deux versants.

La figure 16 est une ferme dont l'entrait 1 est placé plus bas que la corniche : l'arêtier repose sur le blochet 2, qui remplace l'entrait, et qui est posé d'un bout sur le mur, tandis que l'autre est assemblé en *fausse coupe* sur la jambe de force 3, qui se trouve soutenue par la jambette 4.

La figure 17 est une autre espèce de ferme analogue à la précédente ; mais avec cette différence que l'arbalétrier et la jambette reposent sur le faux entrait qui se trouve renforcé par une jambe de force appuyée sur l'entrait, et par un aissellier qui correspond à la jambette. On y voit aussi le blochet *a* qui reçoit le pied du chevron.

3° *Fermes surbaissées.*

Les *fermes surbaissées* ont en hauteur moins que la moitié de leur base ou largeur.

Celle qu'on voit représentée par la figure 18 est la plus simple de toutes ; mais elle ne doit avoir que peu de portée. Elle est composée d'un entrait *a* et de deux arbalétriers *b*, ayant les pieds assemblés dans l'entrait par des entailles en crémaillère. Ces arbalétriers se réunissent pour former le sommet *c* du comble et soutenir le faîtage. Ils se raccordent soit par un joint d'aplomb entretenu par une plate-bande de fer, soit par le moyen d'une entaille à mi-bois de part et d'autre, et chevillée comme l'indique la figure 18 *bis*. Les chevrons reposent sur le faîtage, sur les pannes et sur la partie supérieure des murs.

La figure 19 est une ferme qui est susceptible d'une plus grande portée que la précédente.

Les arbalétriers *b* y sont contre-butés par un faux entrait *c* placé aux deux tiers de leur longueur, et ils sont soutenus par deux pièces *d* qui doublent et renforcent en même temps les arbalétriers. Le surplus de la construction s'exécute comme dans la figure 18.

La figure 20 est une ferme composée d'un entrait, de deux arbalétriers assemblés dans un poinçon P, qui retient l'entrait par un étrier en fer, de deux pièces *a* qui doublent les arbalétriers et qui sont arcboutées par deux contre-fiches *b*, assemblées dans le poinçon. Les extrémités de l'entrait sont renforcées, à l'endroit de leur portée, par des espèces d'encorbellements *c* en bois, et sont réunies aux arbalétriers et à l'entrait par des liens en fer *d*, placés perpendiculairement aux mêmes arbalétriers. Cette ferme est très-avantageuse pour les combles qui n'ont en hauteur que le quart de la base ou largeur. C'est la proportion que l'on donne le plus souvent aux combles en Italie.

La figure 20 *bis* donne les détails de l'assemblage à trait de Jupiter, des deux parties de l'entrait ci-dessus, lorsque, par sa trop grande longueur, on est forcé de le faire de deux pièces. Cet assemblage est vu par-dessus; *a* en est la clef, et *b* sont les étriers boulonnés. (*Voyez*, pour plus de détails, les figures 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 et 29, pl. III.)

La figure 21 est une ferme double, c'est-à-dire, composée de deux fermes semblables mises parallèlement à 30 centimètres l'une de l'autre. Elle existe ainsi à Rome, par travée de 3m.275, et soutient une couverture d'un poids immense ; sa largeur est de 23m.71. La pièce *a*, qu'on appelle *aiguille pendante*, est placée entre les deux fermes et leur est commune : elle soutient les entraits par le milieu, au moyen d'une clef de bois *b*, placée en dessous et les traversant vers leur extrémité inférieure. L'aiguille est suspendue au moyen d'un boulon en fer placé au milieu du joint des deux arbalétriers, et par une autre clef de bois *c* située au-dessus des faux-entraits. Les fermes sont soutenues par des tasseaux qui forment entre-toises pour les relier, et les entraits sont de deux pièces assemblées comme dans la figure 20, à trait de Jupiter, et entretenues par des étriers en fer.

La figure 22 offre une ferme qu'on peut employer pour les bâtiments qui ont peu de largeur. Les pannes *a* sont assemblées dans les arbalétriers de manière à ce que ceux-ci et les chevrons soient tous dans un même plan. Le poinçon *b* doit être plus fort que le faîtage et que les arbalétriers qui

s'y assemblent, afin qu'on puisse les cheviller. (*Voyez* la figure 22 *bis*.) Les murs laissent à découvert l'entrait de la plate-forme sur laquelle pose le pied des chevrons. Cette plate-forme est fixée à l'entrait par des queues d'aronde : elle est en outre soutenue, dans l'intervalle des fermes, par des dés en bois ou en maçonnerie.

La figure 23 donne une autre manière d'assembler les pannes dans les arbalétriers : elle est à peu près semblable à celle de la figure 22. La différence consiste en ce que les pannes y affleurent les arbalétriers en dehors, et que les chevrons appuyés dessus y sont toujours posés, dans le cours de leur espacement, de manière à laisser les arbalétriers libres et isolés entre eux. Les murs sont montés jusqu'au niveau supérieur de l'entrait qui y est encastré par ses extrémités, et qui reçoit le pied des arbalétriers. La plate-forme est également encastrée dans la maçonnerie, et reçoit le pied des chevrons.

Enfin, la figure 24 ne diffère de la précédente que parce qu'elle est brisée dans son arbalétrier ; mais elle est toujours en pente droite dans toute son inclinaison extérieure.

DES COMBLES BRISÉS OU A LA MANSARD.

Les combles *brisés*, dits *à la Mansard*, ou en mansarde, et représentés par les figures 25, 26 et 27, pl. V, sont composés de quatre plans inclinés en sens contraire, deux à deux. Dans cette espèce de comble, les faces inférieures qui forment le *vrai comble* sont extrêmement raides, et les supérieures, qui forment le *faux comble*, le sont très-peu. L'arête horizontale, qui est à leur jonction, se nomme *arête de brisis*.

On peut tracer ces combles de trois manières différentes. Suivant la *première* (fig. 25), la hauteur du vrai comble est égale à la moitié de la largeur du bâtiment prise en dehors : on lui donne pour pente le tiers de sa hauteur, ou ce qui est la même chose, le sixième de la largeur totale.

On donne également le sixième de cette largeur pour la hauteur à donner au faux comble.

La *seconde manière* (fig. 26) s'obtient en décrivant un demi-cercle 1, 2, 3, 4, dont le diamètre est, comme dans la première, égal à la hauteur du bâtiment prise en dehors. On divise ce demi-cercle en quatre parties égales 0-1, 1-2, 2-3 et 3-4 : on joint les points de division par des droites dont les unes 0-1, 3-4, représentent la pente et la hauteur de la partie inférieure, et les autres 1-2, 2-3, la pente et la hauteur du faux comble.

Enfin, la *troisième* (fig. 27), qui diffère très-peu de la seconde, consiste à diviser le demi-cercle en cinq parties égales au lieu de quatre.

Les *combles brisés*, comme les *combles simples*, se terminent, à leurs extrémités, soit par des pignons, soit par des *croupes* (fig. 26) : ils s'exécutent aussi par *travées*, et sont à peu près composés des mêmes pièces de bois. Toutefois, on n'admet dans la partie inférieure que des jambes de force *a*, qui s'assemblent par le pied dans le tirant *b*, et par le haut dans l'entrait *c*, qui soutient la *panne de brisis d* (fig. 27). Lorsque les mansardes forment croupe, on fait une enrayure dans le plancher de l'étage supérieur, pour porter les demi-fermes.

Les combles dont nous venons de parler ont été imaginés par Mansard, architecte, à l'effet d'obvier aux inconvénients que présentent ceux dont les rampants ont beaucoup de hauteur. Ils parurent d'autant mieux combinés qu'on peut y pratiquer, comme dans les derniers, des logements qui, situés dans la partie inférieure, sont plus habitables et plus commodes que ceux qu'on pratiquait avant dans les combles plus élevés. Nous ne leur contestons point cet avantage reconnu; mais il ne nous paraît pas suffisant pour nous engager à conseiller l'usage des mansardes. En effet, si nous les considérons, soit comme préservatifs contre les intempéries de l'air, sous le point de vue de l'économie, nous n'y voyons que contradictions. Comme dans toute autre espèce de comble, les chambres qu'on pratique sous les toits brisés sont des habitations toujours humides en hiver, souvent d'une chaleur insoutenable pendant l'été, et certainement, sinon malsaines, au moins fort incommodes. Les parties supérieures ne sont inclinées que de 24 à 26 degrés, tandis que les parties inférieures le sont de 64 à 66, c'est-à-dire de 1 à 3 degrés de plus que dans les édifices gothiques. Il en résulte que ces deux pentes sont abusives; car, si celle de la partie supérieure suffit, pourquoi en donner tant à la partie inférieure, et réciproquement. Mais la première est loin d'être suffisante, puisque nous avons vu, en parlant des combles en général, que, à Paris, où l'on construit plus de combles à la Mansard que partout ailleurs, on ne doit leur donner, en hauteur, guère moins du tiers de la largeur du bâtiment; or, ceux-ci ne comportant que le sixième pour la partie supérieure, voilà évidemment une contradiction. Quant à l'économie, il est reconnu qu'elle est nulle ; car ce genre de construction, d'ailleurs d'un entretien fort coûteux, nécessite un surcroît de charpente, planchers, crépissage, couverture, etc. Cela rend

la main-d'œuvre des combles brisés aussi grande qu'elle exige de sujétion. On pourrait éviter tous les inconvénients des mansardes, par le moyen d'une face en maçonnerie prolongée au-dessus de l'entablement, pour supporter un comble surbaissé, ainsi qu'il en existe déjà, les logements qu'on obtiendrait ainsi, sans donner beaucoup plus de hauteur au toit, seraient à la fois sains, commodes et infiniment plus durables.

Nous pensons donc que les combles à la Mansard sont très-inférieurs à leur réputation, et que, quelle que soit la forme d'un toit, il n'est pas convenable d'y pratiquer des logements.

Dimensions à donner aux pièces de bois qui composent les combles ordinaires.

Les dimensions que l'on donne le plus généralement aux pièces qui composent les combles ordinaires sont : aux entraits portant plancher, 1/18 de la longueur dans œuvre, et 1/14 à ceux qui ne portent pas plancher ; aux arbalétriers 1/15 ; aux poinçons 1/12 ; aux faux-entraits, aisseliers ou liens, et aux contre-fiches 1/24. Ces dimensions, comme on le voit, suivent le rapport des longueurs des pièces, lesquelles varient en raison des largeurs et des hauteurs des combles. Quant aux dimensions des autres pièces, elles sont moins susceptibles de changer. On donne communément au faîtage, 16 à 19 centimètres, aux pannes, 19 à 22 centimètres, le 1/12 environ de l'intervalle compris entre les fermes ; aux plates-formes ou sablières, 11 à 27 centimètres ; aux chevrons et empanons, de 8 à 11 centimètres ; aux coyaux, de 5 à 8 centimètres, et aux jambettes, 27 millimètres de moins qu'aux maîtresses-fermes.

Pour fixer mieux encore les idées sur ce qui précède, nous terminerons cet article en donnant une table des grosseurs approximatives des diverses pièces qui entrent dans la composition des combles. Cette table a été calculée en centimètres, par M. Soceirol, pour des fermes de dimensions données, et se rapporte, à très-peu de chose près, avec les proportions indiquées ci-dessus.

(*Voyez* le tableau ci-contre.)

…CES D…ES FERMES

…S ET P…

…NTRE- …CHE.	FAÎ…	…TES- …RMES.	BLO- CHETS.	CHE- VRONS.	COYAUX.	CHAN- LATTES.
…imèt.	centi…	…imèt.	centimèt.	centimèt.	centimèt.	centimèt.
…à 16	19 à…	…à 12	»	9 à 9	8 à 7	16 à 3
19	20	14	»	10 10	9 8	18 4
21	22	16	»	11 11	10 9	20 5
15	19	12	»	9 9	8 7	16 3
18	20	14	»	10 10	9 8	18 4
22	22	16	»	11 11	10 9	20 5
14	19	12	18 à 14	9 9	8 7	16 3
16	20	14	20 15	10 10	9 8	18 4
18	22	16	22 16	11 11	10 9	20 5
14	19	12	18 14	9 6	8 7	16 3
16	20	14	20 15	10 10	9 8	18 4
18	22	16	22 16	11 11	10 9	20 5

DES COMBLES A DEUX VERSANTS INÉGAUX.

Dans tous les combles à deux versants dont nous venons de parler, nous avons constamment supposé que la largeur était partout la même. Il n'en est cependant pas toujours ainsi dans toutes les constructions, et voici ce qui arrive alors : si on veut conserver au comble, dans toute sa longueur, une même hauteur, et par conséquent tenir le faîtage horizontal, chaque ferme ou chaque chevron doit avoir une pente différente (fig. 1, pl. VII). Il résulte de là que les surfaces qui forment les versants ne sont plus des plans, mais des surfaces que l'on nomme *surfaces gauches*. Si, au contraire, on donne aux fermes ou aux chevons une même pente, le faîtage n'a plus partout la même hauteur et cesse d'être de niveau. Cette disposition, dont nous parlerons ci-après, produit un effet plus désagréable encore que celui des surfaces gauches, parce qu'il est plus apparent.

Pour exécuter la première de ces deux dispositions, la base d'un comble avec pignons étant donnée, il s'agit de déterminer : 1° la longueur du faîtage; 2° celle des pannes; 3° celle des chevrons, ainsi que leur forme; 4° enfin, ce que l'on appelle le gauche des diverses parties de ces deux dernières pièces, ainsi que celui des arbalétriers.

Soit donc *abcd* (fig. 1, pl. VII) la base du comble : on obtiendra le faîtage en divisant *ab* et *cd* en deux parties égales, et en menant par les points de division *ef*, une ligne *e, f*, qui en représentera la longueur et la direction.

Pour avoir la longueur et la direction des pannes, on divisera chacune des lignes *ac*, *bc*, *cf* et *df* en autant de parties égales qu'il devra y avoir de ces pièces dans chacun des versants, puis l'on joindra les points de division opposés, deux à deux, par des lignes qui donneront la longueur et en même temps la direction de la panne correspondante.

Pour déterminer la longueur des chevrons du versant *acfd*, par exemple, on mènera d'abord, sur la ligne *ef*, les perpendiculaires *e*4, *f*2, que l'on prolongera vers *o* et *p*, au-delà d'une ligne *a' d'* égale et parallèle à *ad* ; ensuite, on prendra la hauteur *pp'* égale à la ligne de pente 1-2, et la hauteur *o' o* égale à la ligne de pente 3-4 (1) ; enfin, l'on mènera les droites *a' o*, *op* et *pd'*, qui donneront la figure

(1) Les lignes de pente 1-2-3-4 s'obtiennent en prenant chacune des lignes *f*1, *e*3 égale à la hauteur du faîtage, au-dessus du plan de l'enrayure, et en joignant respectivement les points 1 et 2 aux points 3 et 4.

a' o p d, improprement appelée le développement du versant *a d f e*. Cela fait, on examinera ensuite la direction qu'il conviendra de donner aux chevrons; s'ils doivent avoir celle des côtés *a o* ou *d p*, on mènera par le pied *g* de leur projection des droites *g h*, qui seront parallèles à ces côtés, et qui donneront la longueur de chacun d'eux; mais s'ils doivent être perpendiculaires à la direction du mur *a d*, ce qui est toujours préférable, au lieu de les mener parallèlement à *a o* ou *d p*, on prolongera leur projection *i k* jusqu'à leur rencontre en *l* avec *o p*, et la partie *k l* représentera aussi, dans cette seconde hypothèse, leur véritable longueur.

Ce que nous venons de voir est seulement relatif à l'un des côtés de la base qui se trouve être plus incliné que l'autre : s'il arrivait qu'ils le fussent également tous les deux, la construction ci-dessus pourrait servir pour les chevrons de chacune des faces; mais si leur inclinaison était différente, on ferait sur *b c* une construction analogue à celle indiquée pour *a d*.

Quant à la manière de terminer le gauche des chevrons, des pannes et des arbalétriers, voici comment on se conduira : celui des chevrons ne se fait ordinairement que lorsque la surface d'un comble a elle-même assez de gauche pour que cela puisse influer sur des pièces d'une très-petite largeur; il s'obtient alors en menant sur l'un d'eux un plan (fig. 2, pl. VII), une ligne d'équerre *a b*, passant par le point *b*, distant de l'extrémité inférieure *e* de la quantité *b c* que le biais doit avoir; ensuite, le chevron étant placé en projection verticale (fig. 3, pl. VII), suivant la pente qui répond à sa plus grande longueur, on porte sur la base horizontale *d e* de l'élévation, une quantité *f d* égale à *b c*, et l'on fait passer, par l'extrémité *g* du chevron et par le point *f*, la ligne *g f*, qui indique le démaigrissement *g f d* à faire subir au chevron, pour donner à sa partie supérieure le gauche qui lui convient.

Pour bien concevoir comment ce démaigrissement se fait, supposons un parallélipipède *a b c d* (fig. 4), et soit *b c* la quantité dont on veut le démaigrir : on mènera les lignes *a e* et *c e*. Si on suppose alors que ce corps est composé d'une matière facile à pénétrer, de terre glaise, par exemple, nous pourrons imaginer qu'on a appliqué une lame tranchante sur *a e*, et qu'on a poussé cette lame en lui faisant suivre, par une extrémité, la ligne *a d*, et par l'autre, la ligne *e c*; alors la quantité de matière *a e c d b* enlevée par cette opération, sera celle qu'il est nécessaire d'ôter au parallélipipède pour lui donner la surface gauche que l'on veut obtenir. Dans le

cas du chevron ci-dessus, *a d* serait le joint supérieur de ce chevron avec le faîtage; *bc*, la quantité *d f* (fig. 3) dont on veut le démaigrir; et *e c*, la ligne qui joindrait le point *c* (fig. 2) avec le point *a* (même figure) de la projection horizontale du chevron.

A l'égard des arbalétriers, on opère de la même manière que pour les chevrons. Enfin, pour déterminer le gauche des pannes, on y trace le dessus des arbalétriers des fermes sur lesquelles elles doivent porter, avec le dessous des chevrons qui y correspondent, et, sur le bout *b f d e* (fig. 5) opposé à celui *a b c d* qui doit porter carrément sur l'un des arbalétriers, on trace la différence occasionnée par le gauche de la pente. Mais si le comble n'avait point de ferme, il serait superflu de gauchir la partie au-dessus de la panne : alors *a dc b* représenterait son extrémité.

Il nous reste maintenant à examiner le cas où un comble, ayant toujours un trapèze pour base, serait terminé par des croupes, au lieu de l'être par des pignons, en conservant d'ailleurs le faîtage de niveau. Cette disposition n'entraîne pas à plus de difficultés que la précédente : on y trace de la même manière les directions du faîtage, des pannes et des chevrons (fig. 6), et l'on obtient les rabattements, le biais des chevrons, celui des pannes, etc., ainsi que la longueur des plus grandes pentes, par les moyens que nous avons indiqués à la figure 1. Quant aux empanons, ils doivent toujours avoir leurs projections horizontales perpendiculaires aux murs sur lesquels ils appuient, et jamais, dans aucun cas, les croupes ne doivent présenter de surfaces gauches, parce qu'il est toujours possible de faire passer un plan par trois points donnés, qui sont ici aux trois angles de la croupe. Nous n'entrerons donc dans aucun autre détail au sujet de la figure 6, qu'il suffit seulement de comparer à la figure 5, pour se mettre à même de comprendre ce qu'indiquent les diverses lignes de construction qui y sont représentées.

Relativement aux combles, aux faîtages desquels on ne conserve point une même hauteur, nous ferons seulement remarquer que leurs surfaces ne présentent point de gauche; il suffira donc, pour les tracer, d'en effectuer le développement. S'il arrivait qu'on ne connût que la plus grande des deux hauteurs *f* 1 (fig. 1), par exemple, pour avoir la plus petite, celle de l'autre extrémité du comble, rabattue en *e t*, on joindrait le point 1 avec *c* ou avec *d*; on mènerait par *a* et par *b* les lignes *a r* et *b s* parallèles au faîtage; ensuite, par des points *r s*, on tracerait deux autres lignes *r q*, *s q*, parallèlement aux droites *i* 1 et 1 *d*, et on les prolongerait

jusqu'à leur rencontre au point q ; la ligne qf, ainsi obtenue représenterait la plus petite hauteur, c'est-à-dire la hauteur ct. Si cette dernière était connue, et qu'il fallût déterminer la plus grande $f1$, on l'obtiendrait par une construction semblable. Enfin, pour les combles qui ont des croupes, on peut aussi employer le même procédé, en considérant toutefois les extrémités du faîtage comme si elles étaient terminées par des pignons.

Dans le cas précité, comme dans celui où le faîtage serait de niveau, si le comble a peu de longueur, quatre demi-fermes, ayant les arêtiers assemblés dans des poinçons tournés diagonalement pour recevoir leur assemblage, suffisent pour le soutenir; mais pour prévenir l'écartement des arêtiers, on doit toujours les poser sur des plates-formes portées par des murs d'appui, et fortement assemblées les unes aux autres, aussi bien que les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons.

Si, au contraire, la longueur du comble est considérable, indépendamment des demi-fermes d'arêtiers, on ajoutera des fermes entières, dans l'intervalle compris entre les croupes, afin de soutenir la portée des pannes, et on les dirigera, autant que possible, perpendiculairement au faîtage.

Cette dernière observation peut aussi recevoir son application dans les combles qui sont terminés par des pignons.

DES COMBLES PYRAMIDAUX OU COMBLES A PLUSIEURS PENTES.

Les combles *pyramidaux*, ou de forme pyramidale, sont ceux qu'on élève sur les édifices dont le plan est carré ou formé par quelque autre polygone régulier ; ils sont composés d'autant de versants triangulaires que le polygone a de côtés ou d'angles, de manière qu'ils forment ensemble une pyramide. On donne à ces combles le nom de *pavillon* ; et on les distingue les uns des autres, en ajoutant à chacun d'eux une qualification dérivée du polygone qui lui sert de base. Ainsi, on dit d'un pavillon qu'il est carré, pentagonal, hexagonal, etc., selon qu'il a quatre, cinq ou six versants. La hauteur des pavillons est très-variable ; mais elle est rarement moindre que le tiers de la largeur des édifices, et ne dépasse pas ordinairement cette largeur doublée.

Les figures 7, 8 et 9, pl. VII, représentent, l'une *le plan* d'un pavillon carré vu par dessus, la charpente mise à découvert ; l'autre, sa projection verticale ou son élévation, mais seulement pour le cas le plus simple. Les pièces *a*

(fig. 8 et 9), qui sont des arêtiers, soutiennent les arêtes formées par la réunion des pentes triangulaires, et servent en même temps d'appuis aux chevrons. Ces arêtiers, dont le dessus est délardé (fig. 11), suivant l'angle d'inclinaison formé par deux versants qui se rencontrent, sont assemblés dans le poinçon *c* et dans la plate-forme *d*, comme les arbalétriers ordinaires, avec tenons et mortaises. Quant aux chevrons, les uns, tels que *e*, s'appellent *chevrons de ferme*, parce qu'ils sont égaux entre eux et qu'ils s'assemblent dans le poinçon; les autres, tels que *f*, qui sont à la fois portés par les arêtiers avec lesquels ils sont assemblés ou chevillés, et par les pannes *g*, qui y sont également assemblées, se nomment *empanons*, c'est-à-dire qu'ils conservent la même dénomination que les chevrons placés d'une manière analogue dans les croupes des combles simples.

La figure 12 représente en grand la manière de disposer le poinçon, les arêtiers, les chevrons de croupe et les empanons, les uns par rapport aux autres. La figure 13 indique la manière d'assembler les arêtiers et les chevrons de croupe sur le poinçon. Chacune des pièces qui composent ces deux figures trouve, en outre, son application aux lettres de renvoi de la figure 8.

Lorsqu'on veut donner quelque élévation aux pyramides, il devient indispensable, pour augmenter leur solidité, de remplacer les arêtiers ordinaires par des demi-fermes, dont l'arbalétrier s'assemble dans un poinçon commun à chacune d'elles, et qui, prises deux à deux, forment de véritables fermes (fig. 10), lorsqu'elles se trouvent placées suivant une seule et même direction, comme dans le pavillon carré (fig. 8), où elles sont en diagonales. Ces fermes se construisent, d'ailleurs, suivant les mêmes principes que celles dont il a été parlé plus haut, et leurs entraits, faits avec des plates-formes de 11 à 14 centimètres d'épaisseur, sont entaillés à mi-bois, à l'endroit où elles se croisent. Mais, pour mieux fixer les idées, quant à leur disposition générale, nous avons indiqué, dans la figure 14, deux autres manières de les combiner.

Si les pavillons, au lieu d'être composés de quatre faces, en avaient un plus grand nombre, mais toutes égales entre elles, on les construirait en employant les mêmes moyens; c'est-à-dire par de simples arêtiers, ou par des demi-fermes, et les véritables longueurs de ces arêtiers, ainsi que des autres pièces avec leurs assemblages s'obtiendraient en effectuant leur rabattement sur un plan horizontal, comme il a été indiqué, à diverses reprises, pour d'autres figures.

DES PYRAMIDES OU PAVILLONS DONT LA BASE EST IRRÉGULIÈRE.

Un pavillon peut encore avoir pour base un polygone irrégulier, tel que celui de la figure 15. Dans cette hypothèse, il est formé d'une suite de triangles inégaux, et diffère en outre, des pavillons réguliers par l'inégalité qui existe aussi entre les arêtes *sa*, *sb*, *sc*, *sd*, *se*, qui vont du sommet à la base, inégalité qui se reproduit, conséquemment, dans les diverses fermes correspondantes.

Quant au développement des pentes, il faut ici l'effectuer pour chacune d'elles, toujours à cause de cette même inégalité; tandis que, dans les pavillons réguliers, il suffit de tracer une des faces pour les avoir toutes; mais le procédé par lequel on opère ce développement est le même pour les deux cas. Nous ferons encore remarquer que, dans cette espèce de comble, il n'y a point de chevrons de ferme, et que son exécution ne présente pas beaucoup plus de difficultés que celle d'un pavillon carré, ou de toute autre espèce, dont la base serait toujours un polygone régulier. De toutes manières, les surfaces doivent être planes, parce que, ainsi que nous l'avons déjà dit, il est toujours possible de faire passer un plan par trois points donnés; or, pour les rendre telles, il suffit de tenir les empanons perpendiculaires à la base suivant le sens de la plus grande pente.

Il nous reste maintenant à faire une dernière observation : c'est que, dans toutes les constructions dont nous venons de parler, le poinçon devra toujours avoir un nombre de faces doubles du nombre des côtés dont est formé le polygone qui sert de base au comble, excepté, cependant, lorsqu'il n'y aura pas de chevrons de ferme, seul cas où il prend absolument la forme du polygone.

Enfin, tout ce que nous avons dit ailleurs concernant les assemblages, et la manière de mettre en herses les différentes pièces d'un système quelconque de charpente, peut également s'appliquer aux pyramides régulières et irrégulières. Nous croyons donc qu'il serait superflu d'entrer dans de nouveaux détails à cet égard.

DES COMBLES CONIQUES.

Les combles coniques (fig. 4 et 5, pl. IX) sont ceux qui recouvrent quelquefois certains bâtiments qui se terminent en cônes. Le plus simple de tous est celui dont le contour

est un cercle ; on l'emploie presque toujours dans ce genre de comble, parce qu'il est rare qu'un édifice ait pour base une autre courbe qu'un cercle. Ces combles se composent : 1° de chevrons principaux *a*, ou chevrons de demi-fermes, qui sont assemblés, par le haut, dans un poinçon commun *b*, placé au centre, et par le bas, soit dans une plate-forme circulaire *c*, soit dans deux plates-formes *c*, *d* qui, dans ce cas, sont réunies par des entretoises ou blochets *e*; 2° de jambettes *f* posées sur la plate-forme *d*, et servant à fortifier le pied des chevrons ; 3° de faux entraits *g*, assemblés dans le poinçon, placés de deux en deux chevrons, et servant encore à renforcer ces derniers, lorsqu'ils ont trop de portée.

La forme des combles coniques ne permettant pas de conduire tous les chevrons de la base au sommet, le nombre de ceux qui s'assemblent dans le haut du poinçon se réduit ordinairement à huit, lorsque la hauteur est petite relativement à la base, et à quatre lorsque cette hauteur est très-grande ; on les appelle chevrons *principaux* ou chevrons *jointifs*, parce qu'ils forment, avec le poinçon, le sommet du comble. Les intervalles que ces chevrons laissent entre eux sont remplis par des entretoises circulaires ou liernes *h*, qui servent à fixer l'extrémité supérieure d'autres chevrons *i*, plus petits que les premiers. Ces entretoises se placent à l'endroit où les chevrons sont éloignés les uns des autres de 40 à 50 centimètres ; on en met une ou deux, selon que le comble est plus ou moins grand.

Les plates-formes et les liernes sont composées de pièces qui doivent toujours prendre la courbure de la base du comble sur laquelle elles s'appuient. Dans l'exemple que nous donnons (fig. 4), elles ont la forme d'un arc de cercle ; mais comme leur tracé présente quelques difficultés, nous allons indiquer la manière de l'opérer.

Celui des plates-formes est le plus simple. Pour l'effectuer, il faut toujour choisir une pièce de bois dont les dimensions soient un peu plus grandes que celles de la partie de la plate-forme que l'on se propose d'obtenir. Soit *a b c d* (fig. 7, pl. IX) le plan de cette pièce ; du point *o*, milieu de son côté extérieur *a b*, on élèvera une perpendiculaire égale au rayon de la base du comble ; on mènera ensuite les lignes *a s*, *b s*, qui couperont *c d*, ou le côté intérieur, aux points *v*, *x* ; et du point *s* comme centre, avec des rayons égaux à *so* et à *s v*, qui diffèrent entre eux de toute l'épaisseur de la plate-forme, on décrira deux arcs de cercle *f o g* et *v p x*, qui donneront la surface *v f o g x p*, c'est-à-dire celle d'une partie de la plate-forme. Ce qui est en dehors de cette sur-

face doit donc être retranché, et abattu perpendiculairement à la face ; excepté, cependant, les tenons *h*, qu'on réservera, s'il est nécessaire, pour être assemblés dans les mortaises des pièces contiguës.

Lorsqu'il y a deux plates-formes, celle qui est placée intérieurement se construit de la même manière, mais avec des rayons moindres que les premiers ; le plus petit des deux est égal à la distance du centre de la base à cette plate-forme, et le plus grand a en sus l'épaisseur de la pièce. On peut cependant se dispenser de rendre le côté intérieur circulaire, surtout lorsqu'il y a deux plates-formes.

Le tracé ou l'exécution des *liernes* présente plus de difficultés que celui des plates-formes, parce que leurs faces intérieure et extérieure sont des surfaces coniques, au lieu d'être cylindriques. Ce tracé doit se faire sur des pièces de dimensions beaucoup plus grandes que celles de la lierne que l'on veut avoir, à cause de l'inclinaison des faces ci-dessus représentées par *a b* et *c d* au profil (fig. 6), inclinaison qui doit être la même que celle des chevrons adjacents. Ainsi *a b c d* provenant de *a m n o* (même figure), représentera la partie de cette dernière pièce qui pourra servir à construire la lierne. Soit donc *a b c d e f* (fig. 8) le plan de cette pièce ; *s*, le milieu du poinçon ; *s o*, *s p*, les distances du poinçon aux arêtes intérieure et extérieure de la face supérieure de la lierne, et *s q*, la distance du même poinçon à l'arête intérieure de la face inférieure. Pour avoir la courbure des faces dont il s'agit, du point *s* comme centre, avec un rayon égal à *s q*, on décrira l'arc de cercle *m q n* ; ensuite, sur cet arc, on prendra *m m'*, *n n'*, de manière à avoir l'épaisseur *t u* que l'on veut donner au tenon ; on joindra les points *m'*, *n'* avec *s* par des lignes ponctuées ; puis, avec des rayons égaux à *s o*, *s p*, on tracera les arcs de cercle *g o h*, *i p k*, qui couperont les lignes *s m'*, *s n'* aux points *g*, *h*, *ik*, et l'on aura ainsi le solide *g o h n' q m'*, qui représentera l'ensemble de la lierne. Enfin, pour avoir l'épaisseur des tenons *x*, on mènera les lignes *s m*, *s n*, et on leur donnera l'épaisseur convenable. Cela fait, on enlèvera tout le surplus du bois, pour former la lierne, et on la déterminera en pratiquant l'entaille *z*, qui doit recevoir le haut du chevron correspondant.

Quand la base du comble a une tout autre courbure que celle d'un cercle, le moyen le plus simple de construire les plates-formes et les liernes, est d'en relever la courbure sur le plan tracé en grand, avec un calibre que l'on applique ensuite sur les faces supérieure et inférieure des pièces desti-

nées à les former, afin d'obtenir par là, et le plus exactement possible, la courbure qu'elles doivent avoir.

Quant aux assemblages des chevrons, des faux-entraits, des jambettes, etc., ils s'exécutent de la même manière que dans les combles ordinaires.

Tout ce que nous venons de dire pour un comble formant un cône entier, est également applicable à une partie du cône seulement, comme cela peut se présenter quelquefois.

DE L'INTERSECTION DES COMBLES FORMÉS DE SURFACES PLANES; DES NOUES ET NOULETS.

Les combles composés de surfaces planes présentent, par leur intersection, deux cas : le premier est celui où les faîtages sont à la même hauteur; le second est celui où les faîtages sont à des hauteurs différentes. Mais ces deux cas reçoivent diverses modifications, selon que les combles sont perpendiculaires, ou sont inclinés entre eux, ou suivant qu'ils ont ou qu'ils n'ont pas une même largeur (fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6, pl. VII).

Premier cas. — Lorsque deux combles se rencontrent ou se réunissent en formant un angle, soit aigu, soit obtus, ou même droit, tel qu'on l'a représenté par la figure 1, leurs diverses faces se construisent comme à l'ordinaire; mais on donne le nom de *noue* à la pièce de bois qui répond au rentrant intérieur *ab* de la couverture, et qui doit recevoir l'extrémité de chacune des surfaces qui rencontrent. Cette noue, représentée en grand (fig. 6), et dans laquelle on assemble les empanons de la même manière que dans les arêtiers, doit donc elle-même avoir à sa face extérieure un angle (fig. 8) égal à celui que forment les deux plans des lattis : son exécution, d'ailleurs, ne présente pas plus de difficultés que celle d'un arêtier, dont elle ne diffère que par sa position et par son angle rentrant, qui, dans celui-ci, se trouve être saillant.

Lorsque deux combles (fig. 2, 3 et 6) se rencontrent en plein, soit perpendiculairement, soit obliquement, il en résulte une double intersection à chacune desquelles on place une *noue ;* et les arêtes de ces intersections peuvent être égales ou inégales entre elles, selon la position respective de chacun des combles par rapport à l'autre. S'ils sont égaux en largeur et perpendiculaires entre eux, comme dans la figure 1, la noue partagera l'angle d'intersection en deux parties égales; mais si, au contraire, il arrivait que leurs largeurs fussent inégales, ou que leur rencontre fût oblique,

il n'en serait plus ainsi, et il faudrait alors dévoyer la noue, tel que l'indique la figure 6. Cette opération peut être faite ici, comme pour tout autre cas, de la même manière que pour l'arêtier d'une croupe droite.

Les noues, ainsi que les empanons qui s'y assemblent, peuvent être *délardées* ou *déversées*; nous n'entrerons point, à cet égard, dans de nouveaux détails sur les empanons, dont nous avons suffisamment parlé plus haut.

On entend par *noue délardée* (fig. 6) celle dont les faces latérales ab, cd, sont verticales, mais dont le côté supérieur est taillé en creux suivant l'angle formé par les plans des lattis qui y aboutissent. Par *noue déversée*, représentée en plan (fig. 6) et en profil (fig. 7), on entend celle dont les faces latérales ef, gh sont respectivement perpendiculaires au plan du lattis auquel elles correspondent, et, par conséquent, non parallèles entre elles : elles ont, comme la précédente, un angle de recreusement. Cette deuxième espèce de *noue* est moins avantageuse que la première, car, à équarrissage égal, celle-ci présentera toujours plus de force, puisqu'il lui restera, de même qu'aux empanons, plus de bois qu'à celle de la seconde espèce.

La manière d'obtenir les faces déversées d'une noue, et ses assemblages avec le poinçon ou avec l'entrait, revient à celle dont nous avons donné l'explication pour les empanons. On peut aussi, par des moyens analogues, déterminer l'angle de recreusement de la face supérieure. Mais la marche la plus simple à suivre est celle qui est indiquée par la figure 7, et dont voici la démonstration. Soit (fig. 9) le plan de la noue délardée, représentée à la figure 5 par $abcd$, et, figure 10, son profil suivant l'arête de recreusement xz. Par le point z, qui doit être avec a et b dans le plan de l'entrait, on élèvera la perpendiculaire zo, et le point o appartiendra à l'arête intérieure xz. On mènera ensuite par ce point, et parallèlement à qr, la ligne op, et on aura ainsi la projection verticale de xz; tandis que la distance mn représentera la profondeur du recreusement de la pièce, ce qui suffit pour déterminer l'angle cherché.

Pour tracer celui-ci plus rigoureusement, dans toute la longueur de la noue, on se sert, dans la pratique, d'un calibre (fig. 8) que l'on taille suivant l'angle voulu, et que l'on applique ensuite à ses deux extrémités pour les coupes du bas et du haut.

Le tracé de ce calibre (qui n'est autre chose que le profil de la *noue*) s'obtient en faisant $a'b'$ égal à ab; $a'u'$ égal à au; $v'z'$ égal à vz; $u'v'$ égal à mn; on tire ensuite uz',

$b''z$; ce qui donne la figure $a'ux'b''b'$, ou le profil du calibre dont il s'agit.

Lorsque plusieurs pièces, telles que, par exemple, deux noues et un arêtier, ou une noue, un arêtier et deux chevrons de croupe viennent aboutir à un même poinçon, on peut, pour moins affaiblir celui-ci, les assembler dans des entailles pratiquées tout autour en forme de queue d'aronde, en les reliant ensuite par une armature en fer, qui les enveloppe, ainsi qu'on le voit sur la figure 11. La même figure indique, en outre, la coupe ou le déjoutement de ces diverses pièces, qui doivent toujours être dirigées vers le centre du poinçon.

Des noulets.

Deuxième cas. — Dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où les faîtages n'auraient pas la même hauteur, le comble qui sera le moins élevé rencontrera, soit perpendiculairement, soit obliquement, une des faces de l'autre comble, ainsi que l'indiquent les figures 4 et 5, pl. VII. Alors on place à la rencontre des plans des lattis, sur le plan du plus grand comble, une espèce de ferme couchée à laquelle on donne le nom de *noulet*, et dont les branches sont taillées en biais, pour faciliter le raccordement des surfaces des deux combles, et aussi afin de recevoir les assemblages des empanons.

Lorsque les combles sont perpendiculaires entre eux, le noulet est *droit* et ses branches sont égales : on dit, au contraire, d'un noulet, qu'il est *biais*, lorsque la rencontre des combles est oblique : alors les branches du noulet sont inégales et ont une inclinaison différente.

Nous nous bornerons à ne donner ici que la construction d'un noulet biais ; attendu que son exécution présente un peu plus de difficultés que celle du noulet droit. Cet exemple suffira, d'ailleurs, pour construire facilement ce dernier, puisque la manière d'opérer pour les deux cas est à peu près la même.

Les pièces dont se compose un noulet, donné en projection horizontale ou en plan, étant représentées en raccourci, à cause de leur inclinaison, il faut trouver : 1° leurs véritables dimensions, tant en longueur qu'en grosseur ; 2° leur coupe du bas, celle du haut et leurs assemblages.

Soient fig. 1, pl. IX, le plan d'un noulet, et fig. 1 A, le profil de sa pente projeté sur un plan passant par le faîtage cd du petit comble. Pour trouver les véritables dimensions des branches, on les mettra en herse sur un plan parallèle au lattis ; mais avant tout, on rabattra la partie triangulaire

abc de la pente du grand comble sur laquelle doivent être posées les branches du noulet. Or, dans ce triangle, la ligne *ab* est connue, puisqu'elle est égale à sa projection faite sur un plan qui lui est parallèle : il ne nous reste donc plus qu'à trouver les véritables longueurs *ao*, *bo'*. Ces lignes sont les hypothénuses de triangles rectangles qui ont un des côtés de leur angle droit égal à leur projection *ac* ou *bc*, et l'autre égal à la hauteur du petit comble donné par le profil, fig. 1 A. Si donc on élève par le point *c* des lignes *co*, *co'* égales à cette hauteur et perpendiculaires aux directions des arêtes *ac*, *bc* du noulet, les lignes *ao*, *bo* représenteront les véritables longueurs de ses branches. On fera ensuite (fig. 2) *a' b'* égal à *ab*, et au moyen des lignes *ao* et *bo'*, on construira le triangle *a' b' c'*, qui sera le rabattement de celui qui est projeté en *abc* (fig. 1). Quant à la position de l'arête supérieure du faîtage, dont la direction est *cd*, elle sera la même dans le rabattement, par rapport aux points *a' b'*, attendu que cette arête est horizontale, et qu'elle n'a pas changé en projection.

Maintenant, pour avoir la coupe des branches du noulet, leurs dimensions en grosseur, ainsi que les faces du raccordement des plans des deux combles avec le noulet, il faut mener pour l'un d'eux, par un point quelconque *d* (fig. 2), pris sur la projection de la crête du faîtage, un plan perpendiculaire à la direction *a' c'*. Ce plan, dont la trace horizontale est *d'n*, coupera le plan du lattis suivant une ligne qui aura la même inclinaison que la face du raccordement du noulet, et dont la projection se confondra avec *d'n*, puisqu'elle est située dans le plan qui passe par cette trace. Pour avoir cette ligne d'inclinaison rabattue dans le plan de la herse, on considèrera d'abord que le point *n* étant plus élevé que le point *d'*, doit se trouver, ainsi que la ligne qui le joint à ce dernier, ailleurs qu'en *n* quant au point, et en *nd'*, lorsqu'ils sont l'un et l'autre en projection horizontale. En effet, dans cette nouvelle situation, c'est-à-dire quand ils sont en projection horizontale, comme ils le sont (fig. 1), ils deviennent n^2 pour le point, et n^2d pour la ligne, et ils s'obtiennent en portant la distance *a'n* (fig. 2), de *a* on *n'* (fig. 1), en abaissant la perpendiculaire $n'n^2$ sur *ac*, et en tirant n^2d. Le même point *n* se trouve, d'une autre part, projeté verticalement en n^3, au profil (fig. I A), mais la projection de la ligne qui joint les points n^2 et *d* (fig. 1), ainsi que sa véritable longueur déjà représentée par le rabattement (fig. 2), peuvent encore s'obtenir en faisant d'un côté, pour avoir la longueur *an'*, n^2m (fig. 1), égal à n^2p (fig. I A), et en tirant la ligne

nd (fig. 1), que l'on trouvera effectivement de même longueur que *nd'* (fig. 2) ; puis, de l'autre côté, en faisant, pour avoir la projection n^2, la ligne *nm'* (fig. 2) égale à n^3p (fig. 1A), et la ligne *d'm* (même figure) égale à dn^2 (fig. 1) ; ou bien encore, en décrivant un demi-cercle sur *nd'* ; en portant n^3p de *n* en *m'*, et en tirant *m'd'* (fig 2). Cette dernière position *m'd'* de la ligne *nd'* (fig. 2) était indispensable à connaître ; car ce n'est que d'après elle qu'on peut effectuer le rabattement du plan vertical dont elle représente la trace horizontale rapportée à la figure 1. On mènera donc à cette ligne, et par le point *d'*, la perpendiculaire *d'x*, que l'on fera égale à la hauteur *zy* (fig. 1) du petit comble, et on mènera la ligne *xn*, qui en fera connaître la pente répondant à la ligne *d'n*, sa projection. On mènera ensuite, à cette ligne, une parallèle, à une distance égale à l'épaisseur que l'on veut donner aux chevrons, et le point *q*, où elle coupera une ligne *nd'*, indiquera la moindre largeur à donner à la branche *ac* du noulet. Enfin, le troisième côté du profil d'épaisseur sera représenté par une perpendiculaire *qr* abaissée du point *q* sur la ligne *nx*.

Ce que nous venons de démontrer pour *ac* peut être également appliqué à l'autre branche *bc*.

On peut aussi faire le dessus des branches parallèle au dessous *ab* (fig. 3), en lui donnant, pour épaisseur *bc* celle d'un chevron, de manière toutefois que la largeur *cd* soit assez grande pour que la coupe de l'empanon puisse poser dessus.

Lorsqu'on veut appuyer les branches du noulet sur les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons du petit comble, tel qu'on le voit en *a*68 et en *b*79 (fig. 1), il faut, pour avoir le rallongement de l'arête supérieure jusqu'à sa rencontre avec cette plate-forme, observer d'abord qu'elle doit se trouver dans un plan parallèle à la pente du comble sur lequel les branches sont posées : ainsi, en portant sur le profil de pente (fig. 1A), la distance 12, égale à la hauteur de l'arête supérieure par rapport aux inférieures, et en élevant ensuite la perpendiculaire 23, la partie 13 indiquera le rallongement dans la direction de la ligne *c'*4 situé dans le plan du grand comble, et sur le prolongement de laquelle on le portera de 4 en 5 (fig. 2). Par ce point, on mènera à *a'b'* une parallèle, qui coupera les arêtes dont il s'agit aux points 6 et 7 ; et ceux-ci indiqueront les extrémités du rallongement des branches, dont on achèvera la forme en tirant des lignes *a'*6, 86, *b'*6 et 97.

Quant aux coupes du bas et du haut des branches du noulet, on les obtiendra en les coupant de longueur, selon leur

profil, par le moyen des perpendiculaires *ef*, *eg*, 9*h* et 8*k* (fig. 2), et en prenant les avances des arêtes, d'après ces lignes.

Les empanons s'assemblent quelquefois à tenons dans les branches du noulet ; mais on pourrait presque toujours se contenter d'y faire des entailles, comme on en fait dans les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons.

Quelquefois aussi il arrive qu'on ne donne pas de faîtage au petit comble et qu'on assemble simplement les empanons par enfourchement ; mais, dans tous les cas, il est préférable de lui en donner un, afin d'ajouter, autant que possible, à la solidité du raccordement.

Tous les assemblages dont nous venons de parler s'exécutent, d'ailleurs, comme à l'ordinaire, et il sera toujours facile de bien s'en rendre compte par le moyen des rabattements.

Dans les combles un peu considérables, les noulets sont quelquefois des fermes complètes garnies de poinçons, contre-fiches, entraits, aisseliers et jambettes. Dans tous les cas, il n'y a que les branches du noulet qui doivent être assujetties au biais du petit comble, parce que, outre la facilité que l'on trouve à tailler les pièces carrément, il y a encore beaucoup d'avantages sous le rapport de la solidité. C'est donc à tort qu'on s'est fait pendant longtemps une grande difficulté de leur exécution, puisqu'il n'existe aucune raison pour que toutes les parties participent au biais ; la seule différence qui en résulte, c'est que leurs faces latérales sont déversées au lieu d'être délardées.

DES COMBLES EN DÔME ET A LA PHILIBERT DELORME.

On entend par combles en dôme, ceux dont la surface extérieure a la forme d'une calotte sphérique ou elliptique.

Ces combles sont généralement garnis de fermes semblables à celles des combles à simple courbure, que l'on combine ainsi de manière à soutenir les pannes, les liernes et les chevrons courbes qui forment le galbe extérieur. L'ensemble de la construction comprend ordinairement deux grandes fermes-maîtresses, qui se croisent à angle droit, en se réunissant à un poinçon commun, et entre lesquelles on interpose huit, dix et jusqu'à douze demi-fermes de moyenne grandeur, ainsi qu'un nombre pareil de fermes plus petites encore que ces dernières, mais dont les extrémités supérieures sont assemblées dans les liernes, comme nous l'avons expliqué pour les combles coniques. Quelquefois, au lieu d'assembler ces différentes fermes dans le poinçon ou dans les liernes, on

les fait aboutir toutes, ou du moins une grande partie d'entre elles, selon l'espèce de construction, à une enrayure ou plate-forme, qui sert en même temps de base à la lanterne que l'on construit souvent au sommet de ces édifices. Les poteaux montants de la lanterne descendent presque toujours jusqu'aux faux-entraits des fermes-maîtresses, où ils sont assemblés, et souvent aussi ils aboutissent jusqu'à l'entrait même, lorsqu'il y en a, et lorsque la construction est de quelque importance. Cependant, il suffit d'assembler ces poteaux simplement dans l'enrayure, lorsque la lanterne a peu de hauteur.

La charpente des combles en dôme peut se combiner d'une infinité de manières; mais comme leur exécution est d'ailleurs fort rare, et qu'elle entraîne à des constructions d'une importance telle qu'il faudrait dépasser de beaucoup les limites de cet ouvrage pour les faire connaître seulement en partie, nous n'entrerons point dans des détails plus longs que ceux qui précèdent. Seulement, nous ferons remarquer qu'on employait autrefois, dans cette espèce de combles, des pièces de bois d'un très-gros équarrissage, dont l'inutilité a été reconnue depuis, et que l'on peut remplacer, l'expérience le prouve, par d'autres pièces d'un équarrissage beaucoup moins considérable, en leur donnant cependant, dans le sens de la flexion, toute l'épaisseur possible, aux dépens de la largeur et suivant une disposition convenable. C'est d'après ce système, basé sur la propriété qu'ont les parallélipipèdes élastiques que *leur résistance est en raison du carré des épaisseurs*, que Philibert Delorme, architecte du temps de Henri II, a imaginé les charpentes connues sous son nom depuis 1561, et dont l'usage devrait être plus répandu. Sa méthode consiste à former les combles au moyen de courbes composées de planches posées de champ, les unes à côté des autres, et reliées avec des boulons. Avant que Philibert Delorme exposât cette méthode, on s'était déjà servi de courbes semblables dans quelques édifices de l'Italie, et notamment à Venise; mais il est le premier qui en ait fait usage autre part que dans la construction des dômes, où on peut les employer avec autant d'avantages que dans les fermes très-légères, et néanmoins très-fortes, afin de supporter les voûtes, les toits, etc. Cette espèce de comble ou de voûte en menuiserie, dont le poids est peu considérable, ne charge presque point les édifices, comparativement aux charpentes ordinaires; car elle n'est sujette à aucune poussée, n'a besoin que d'appuis sur les murs, ne les fatigue point, et ne tend jamais à les écarter. Elle laisse en outre au-dessous du comble un

grand espace très-convenable pour les greniers ou pour les magasins d'approvisionnements. L'avantage que présente cette manière de construire est, d'ailleurs, rendu évident par la comparaison faite par Rondelet, entre la charpente du dôme des Invalides à Paris, construite à la manière ordinaire, et celle du dôme Della-Salute à Venise, exécutée avec des courbes en planches. Il en résulte que, si le premier avait été construit comme le second, il ne contiendrait que 1968 *pièces* de bois, au lieu de 6484 qui y sont employées. Il serait, par conséquent, soulagé d'un poids inutile de 4516 *pièces*, ce qui équivaut à peu près à 450,000 kilogrammes, et il n'aurait coûté que 35,424 fr., au lieu de 116,722 fr., somme à laquelle on l'évalue. Ce sont ces diverses considérations qui nous ont engagé à entrer de préférence dans tous les détails relatifs à ce genre de comble, dont l'application peut devenir très-fréquente dans l'usage ordinaire, plutôt que de nous arrêter à ceux concernant les combles anciens, qui, sous ce dernier rapport, présentent moins d'intérêt aux ouvriers qu'aux architectes. Il est bon cependant de faire remarquer que le grand avantage d'économie qui résulte de cette manière d'exécuter les grandes constructions, est presque nul dans celles qui sont d'une moindre importance, à cause de la sujétion et de la main-d'œuvre qu'elles exigent.

On peut indifféremment donner aux combles construits d'après ce système, la forme demi-circulaire, elliptique, angulaire ou en ogive, seulement, il faut alors changer la coupe des planches, suivant la courbure que l'on veut avoir. Nous en indiquerons ci-après les moyens.

Les fermes *a* (fig. 1) qui forment l'espèce de comble dont il s'agit, sont composées de planches courbes, boulonnées jointivement deux à deux, ou trois à trois, de manière que l'extrémité de l'une corresponde au milieu de l'autre (fig. 3). Elles se placent par travées de 66 à 100 centimètres, et sont entretenues (fig. 2) par des liernes *b* passant à travers, et chevillées en *c* contre les planches pour les serrer fortement. Ces liernes comprennent ou relient trois fermes, et se placent par échelons, ainsi qu'on le voit dans le plan de la figure 1. Comme les joints formés par la jonction des planches deux à deux, doivent toujours correspondre au milieu de la planche qui se trouve être leur adjacente, il en résulte que les planches des extrémités sont, ou égales à la moitié des autres, ou égales à une fois et demie leur longueur. Philibert Delorme fixe cette longueur à 3 ou 4 pieds (0m.974 à 1m.300), et leur épaisseur à 12, 15 et 18 lignes (27, 33 et 40 millimètres), suivant la plus ou moins grande portée. Mais,

dans tous les cas, on doit chercher à faire contenir la longueur un nombre exact de fois dans la courbe à exécuter, si elle est uniforme, et il faut aussi disposer les pièces de manière que leurs fibres se croisent également, afin de donner aux joints de la courbe toute la force dont elle peut être susceptible.

Pour obtenir la courbure des planches, on tracera d'abord, sur une surface unie, deux courbes concentriques *mnopqr* (fig. 3) de la grandeur de l'exécution, à une distance égale à celle de la largeur des planches, et suivant la forme demandée; on marquera ensuite les divisions *d*, par lesquelles on mènera les lignes ponctuées *de*, passant par le centre de courbe, et représentant les joints normaux des planches. Cela fait, après avoir coupé celles-ci toutes en parallélogrammes rectangles, on les appliquera sur l'épure (fig. 3) de manière à ce que les angles intérieurs *f*, de chacune d'elles, touchent aux points qui marquent les divisions sur la courbe *pqr*, et que le côté extérieur soit tangent à la plus grande courbe. On abattra ensuite les parties qui, de part et d'autre, dépasseront les deux courbes, et qui sont : 1° les petits triangles extérieurs *gei*, *ein*; 2° la partie inférieure *dfr*; et 3° les deux autres petits triangles *mpl* des extrémités, et résultant de l'obliquité des joints normaux avec les grands côtés extérieur et intérieur des parallélogrammes.

Pour établir les fermes exécutées avec les planches dont nous venons d'indiquer le tracé, on les assemble par le pied au moyen d'entailles pratiquées dans une plate-forme *t*, posée en retraite sur la moitié des murs. Ensuite, pour compléter la surface extérieure du comble, on se sert de bouts de planches *u*, en forme de coyaux, que l'on fixe par une petite sablière reposant sur la corniche. Quant au sommet V, auquel on donne ordinairement la même forme qu'à ceux des combles à deux versants simples, on le construit suivant le même principe que la partie courbe, c'est-à-dire que l'on place dans chaque travée une espèce de chevron également en planches jointives, mais droites, pour porter, ainsi que les autres, le lattis ou le plancher destiné à recevoir la couverture : ces chevrons ajoutent beaucoup à la solidité de l'ouvrage.

Lorsqu'on veut plafonner l'intérieur d'un comble, cette opération se fait, comme à l'ordinaire, au moyen de lattes que l'on cloue sur les fermes, etc.

La figure 2 représente une partie de travée mise en perspective, et la figure 4 indique la manière de tracer la courbe servant d'arêtier.

Voici les règles que donne Philibert Delorme, relativement

trait vu sur la largeur *t*, et 3° l'assemblage séparé en *u*, lequel est serré, lorsqu'il est en place, par une clef *s*.

La figure 10 représente l'assemblage d'une partie des courbes, des liernes et des entretoises. Enfin, la figure 11 indique les tenons, les entailles et les mortaises, au moyen desquels on réunit toutes les parties de cette charpente.

COMBLES DONT LA BASE EST UN CERCLE OU UNE ELLIPSE.

Les trois différents systèmes que nous venons d'expliquer sont également applicables aux combles dont la base serait un cercle ou une ellipse, au lieu d'être formée par des lignes droites, comme dans les figures 1, 5 et 8 : mais dans ces cas, les demi-fermes et les liernes doivent prendre la courbure du comble.

Pour compléter ce qui précède, nous allons rapporter ici un exemple (fig. 12 et 13, pl. VIII) que nous empruntons d'un Mémoire publié sur la reconstruction de la coupole des petites écuries de Versailles, exécutée en 1804 par les soins du capitaine du génie André, en remplacement de l'ancienne charpente, érigée d'après Mansard, et dont toutes les pièces étaient pourries. La construction dont nous allons parler peut être citée comme une des meilleures parmi celles qui ont été exécutées d'après le système de Philibert Delorme : son exécution présentait quelque difficulté, en ce que la base de la coupole est elliptique et son couronnement circulaire. Il eût été sans doute possible de simplifier la courbure du dôme, ainsi que cet ingénieur le fait remarquer dans son Mémoire, en faisant la base de la lanterne semblable à la corniche; mais il a préféré s'imposer quelques difficultés de plus dans la construction, et donner à cette base une forme circulaire, comme l'avait fait Mansard, parce que cette courbure est beaucoup plus agréable à l'œil, lorsqu'on la regarde du sol du manège.

1° *Du tracé de l'épure.*

On a d'abord tracé (fig. 12, pl. VIII) l'ellipse *b* de la base, qui représente la plate-forme destinée à recevoir le pied des hémicycles ou demi-fermes. Le grand diamètre est de 20m.29, et le petit, de 18m 24, l'un et l'autre pris dans œuvre. On a décrit dans l'intérieur du centre de l'ellipse, et avec un rayon de 2m.43, une circonférence de cercle représentant l'enrayure de la lanterne sur laquelle s'appuie la tête des hémicycles. Après avoir divisé le contour de l'enrayure en

16 parties égales, on a mené par le centre et par les divisions, autant de lignes prolongées jusqu'à la plate-forme ; ce qui a donné en plan les projections de 16 hémicycles principaux *e, e, e*. Ce tracé fait varier la distance du centre par rapport aux hémicycles, à l'exception de leurs sommets, qui en sont tous à égale distance ; puisqu'ils s'appuient sur le cercle *a*, décrit du centre à la hauteur verticale de 8m.12, au-dessus de la plate-forme *b*.

2° *Du tracé des hémicycles.*

Après avoir tracé la plate-forme, l'enrayure et les projections horizontales des 16 hémicycles principaux, on a cherché la courbure de ces derniers.

Commençant par le plus grand représenté par la ligne AB (fig. 12), on a divisé cette ligne en huit parties égales, et l'on a élevé du point B, la perpendiculaire BC égale à la hauteur donnée de la coupole. On a ensuite décrit du point *g*, comme centre, une circonférence de cercle passant par les points A et C ; enfin on a élevé de tous les points de divisions, 1, 2, 3, 4, etc., des perpendiculaires coupant l'arc AC dans des points qui sont les intersections de la courbe par les plans sécants qu'on a supposés couper horizontalement la coupole.

Pour trouver les courbes des autres hémicycles, celle, par exemple, de celui qui est représenté par le plan ED, après avoir divisé de même cette ligne en huit parties égales, on a élevé par ces points de divisions des perpendiculaires D, *d*, *d* (fig. 12 et 13) de la même hauteur que leurs analogues sur AB, et on a tracé par leurs extrémités la courbe qui appartient à ce second hémicycle.

Ce procédé a donné les courbes des 16 hémicycles, à trois planches, *e*, et celles de 48 autres, à deux planches, *d* (fig. 12 et 13).

La figure 12 représente quelques-uns de ces hémicycles développés et couchés sur le plan horizontal : on voit les mêmes objets en élévation dans la figure 13.

3° *Des liernes.*

Les doubles rangs de liernes, destinés à maintenir les hémicycles dans leur position respective, ont été placés les uns au-dessus des autres, à la distance de 63 centimètres. On en a projeté plusieurs au plan (fig. 12) ; et on en voit l'assemblage dans les figures 14, 15 et 16.

4° *De la plate-forme.*

La base ou plate-forme de la coupole est composée de pièces courbes en chêne, pour conserver au bois toute sa force : elles sont assemblées à queue d'aronde P (fig. 17), et leurs joints sont fortifiés par des plates-bandes en fer (fig. 27). On voit en *c* (fig. 12 et 18) les pas ou encoches qui reçoivent le pied des hémicycles. Cette plate-forme porte, derrière l'extrados de la corniche, sur la maçonnerie en pierres de taille.

5° *De l'enrayure.*

L'enrayure (fig. 19) a 32 centimètres de hauteur : elle est composée de cinq morceaux de chêne, courbes et assemblés avec des boulons à écrous. La partie inférieure, à laquelle aboutissent les têtes des hémicycles, a 22 centimètres d'épaisseur, et la partie supérieure 10 centimètres. Le haut de l'enrayure forme le soubassement de la lanterne : on y a ajusté, avec des boulons à écrous, un gros tore en chêne qui couronne la coupole à l'extérieur ; l'intérieur est orné aussi de moulures.

6° *De la disposition et de l'assemblage de la charpente.*

La coupole est composée de 64 hémicycles ou demi-fermes, dont 16 de trois planches jointives, et les 48 autres de deux planches seulement : il y a de plus, dans le bas, quelques portions d'hémicycles en remplissage. Toutes ces planches sont sciées dans des bois courbes pour conserver toute leur force, et les joints tendent au centre de la coupole. Les deux plus grands hémicycles ont 11m.37 de développement, et les deux plus petits 10m.97, sur une épaisseur de 13 centimètres, y compris les vides ménagés entre les planches pour la circulation de l'air. (*Voyez* fig. 14 et 16.)

Les cales en chêne *u* (fig. 16), qui maintiennent ces vides, sont mortaisées, ainsi que les planches des hémicycles pour recevoir les liernes qui lient transversalement tout le système. Les clefs *z*, les liernes et les boulons *z*, serrent les planches dans les endroits où sont placées les cales.

Les 48 hémicycles secondaires sont formés de deux planches seulement, assemblées comme dans les précédentes, par le moyen de cales, liernes, clefs et boulons.

Toutes les pièces de cette charpente ayant été débitées et préparées de la sorte, on a placé l'enrayure au haut de l'échafaud, et établi la plate-forme sur la maçonnerie ; puis on

a commencé à élever les 16 hémicycles principaux, en fixant leurs extrémités supérieures à l'enrayure par des colliers en fer *e* (fig. 19 et 20), qui traversent ces hémicycles, et sont boulonnés avec écrous à l'intérieur de cette enrayure, et les extrémités inférieures dans les entailles *c* faites sur la plate-forme.

Les hémicycles secondaires sont assemblés dans les intervalles des précédents, au moyen de taquets entaillés *m* (fig. 19 et 21), cloués à l'enrayure, qu'on aurait affaiblie en multipliant les trous qui reçoivent les colliers des seize premiers hémicycles, ou en faisant des mortaises.

Les liernes ont été placées successivement, à mesure qu'on élevait des hémicycles, et on a fixé tout le système par les clefs en forme de coins, qu'on a serrées en commençant par les liernes inférieures.

L'ordre inverse a été suivi pour lambrisser l'intérieur de la coupole, afin que les joints du lambris fussent parallèles à l'enrayure circulaire du haut, et que les raccords, nécessités par la forme elliptique de la base, fussent cachés derrière la corniche.

La lanterne qui éclaire l'intérieur de la coupole est un cône tronqué, ayant seize montants en bois avec feuillures, pour recevoir les vitraux; elle porte sur l'enrayure.

7° *De la couverture.*

On a établi sur le pourtour extérieur de la coupole un membron en charpente, soutenu par des poteaux placés debout sur la plate-forme. Ce membron a consolidé la coupole en la butant de toutes parts, et a facilité le raccordement de sa courbure avec les combles qui y aboutissent.

Cette coupole est couverte d'ardoises, cartelettes et écailles : elles sont divisées par des cordons qui leur donnent plus de solidité, et empêchent que les ardoises du haut ne se réduisent à rien.

Les intersections de tous les plans des combles ont été couvertes en plomb, ainsi que les montants de la lanterne, etc.

8° *Explication des figures indiquant les détails.*

Fig. 14. Détail en élévation d'une partie de deux grands hémicycles à trois planches, et de trois hémicycles intermédiaires à deux planches, avec les liernes, les clefs et la plate-forme.

Fig. 15. Projection horizontale des liernes qui lient deux grands hémicycles et trois petits à deux planches, pris sur la ligne X Z de la figure 14.

Fig. 16. Détail d'une portion d'un grand hémicycle à trois planches, avec ses liernes *v*, ses clefs *z*, ses cales *u*, et ses boulons *y*.

Fig. 17. Plan d'une partie de la plate-forme P, montrant l'assemblage à queue d'aronde et la plate-bande en fer.

Fig. 18. Coupe de la plate-forme au droit d'un des pas, ou entaille *s e*, faite pour recevoir le pied des hémicycles.

Fig. 19. Détail d'une portion de l'enrayure *n* de la lanterne, avec l'arrivée d'un grand hémicycle, le collier en fer *e* et le tasseau *m* tenant lieu de mortaise.

Fig. 20. Plan du collier en fer *e*, qui fixe l'hémicycle à l'enrayure de la lanterne.

Fig. 21. Détail des tasseaux *m* tenant lieu de mortaise et cloués sur l'enrayure, entre chaque hémicycle.

DES COMBLES COMPOSÉS DE SURFACES COURBES DANS LE SENS DE LA PENTE, ET DONT LA BASE EST EN LIGNE DROITE.

Ces combles ne diffèrent de ceux qui sont composés de surfaces planes que par les chevrons, qui doivent être courbes. Les fermes, les pannes, le faîtage, toutes les pièces enfin qui concourent à leur formation, les chevrons exceptés, se construisent absolument d'après les mêmes principes et les mêmes procédés que dans les combles brisés ordinaires. Les figures 9, 10 et 11, pl. IX, indiquent trois différents cas de cette espèce de comble. Les deux premières sont des fermes composées chacune d'un faux-entrait, d'un poinçon, de deux jambes de force, de deux arbalétriers et de pannes sur lesquelles les chevrons courbes sont appuyés. Lorsque ces combles n'ont point une grande largeur, on peut supprimer les arbalétriers et les jambes de force en donnant cependant plus d'équarrissage aux chevrons. On peut aussi, attendu que les pièces courbes présentent plus de résistance que celles qui sont droites, remplacer les pannes par des liernes servant à assembler les chevrons, ainsi que l'indique la figure 11.

Quant aux arêtes formées par la rencontre des surfaces de ces combles, on en construira le rallongement d'après le cintre primitif A (fig. 12). A cet effet, on divisera la projection *bc* de cette arête en un certain nombre de parties égales, et par les points de division, on élèvera des perpendiculaires sur lesquelles on portera les hauteurs correspondantes du cintre primitif.

CHARPENTE D'ARCS COURBÉS SUR LEUR PLAT.

Nous avions indiqué dans la première édition de ce petit traité, l'usage qu'on pourrait faire d'arbalétriers courbes formés de pièces assujetties les unes sur les autres, maintenues par des moises et serrées par des boulons, etc.; mais nous ignorions que ce genre de charpente avait été mis à exécution, en 1825, dans la construction d'un pont à Eglisaw, en Suisse, par M. Stadler, maître charpentier de Zurich, et dont la description se trouve dans l'*Art de bâtir*, de Rondelet, page 103 du tome III, et vers le même temps dans la construction de grandes fermes, par M. Emy, directeur du génie militaire.

L'application faite par M. Emy nous paraissant fort ingénieuse, nous allons la faire connaître. Chaque ferme est composée d'un système d'arcs formés de madriers courbés sur leur plat, dans lesquels les bois sont employés dans toute leur longueur. D'après des expériences faites sur la résistance de cette charpente, elle a toute la solidité et autant d'élégance que celle à la Philibert Delorme, et elle a sur celle-ci l'avantage de diminuer encore la consommation du bois et d'exiger moins de main-d'œuvre.

Nous avons vu que les hémicycles de Philibert Delorme sont composés de planches courbes posées de champ; les arcs de M. Emy, au contraire, sont faits de madriers longs et étroits, superposés les uns sur les autres, comme les feuilles d'un ressort de voiture, et courbés sur leur plat par leur flexibilité seule.

Voici la description que l'auteur donne de son système dans un mémoire publié en 1828 (1) :

« Chaque ferme de la charpente du hangar de Marac, près Bayonne, est composée (fig. 9, pl. XII) d'un arc en demi-cercle de 20 mètres de diamètre, de deux jambes de force verticales, de deux arbalétriers, de deux aisselliers et d'une petite moise horizontale tangente à l'arc et formant entrait; le tout est lié par des moises normales à l'arc. L'espace entre le sol et l'arc est libre. L'arc dont il s'agit est la pièce principale de chaque ferme, et c'est dans sa construction que résident la force et les autres avantages de cette charpente.

» Les faces planes des arcs, ainsi que les moises normales, sont entaillées de 1 centimètre de profondeur, de sorte

(1) *Description d'un nouveau système d'arcs pour les grandes charpentes, exécutés sur un bâtiment de 20 mètres de largeur, etc*, par A. R. Emy. 1828, un cahier in-folio.

qu'elles forment des assemblages de 2 centimètres, qui ont le double objet de tenir les arcs serrés et de former des arrêts qui empêchent le glissement des madriers les uns sur les autres. Deux recouvrements de 1 centimètre sur les deux faces de l'arc, sont taillés dans les joues des moises, pour empêcher qu'il ne se fasse des éclats aux entailles des madriers ou feuilles. »

Les détails de ces assemblages se trouvent planche 12.

« Les jambes de force sont éloignées des murs de 10 centimètres, mais les trois premières moises de chaque côté sont prolongées au-delà des jambes de force, et pénètrent de 20 centimètres dans des cases de 30 centimètres de profondeur, réservées dans les murs. Cette disposition n'a pas pour but de profiter de la résistance des maçonneries, car la charpente n'a pas de poussée : il s'agit seulement de maintenir les fermes dans des plans verticaux, et d'empêcher le balancement dans le sens de la longueur du bâtiment.

» Entre les moises, qui ne pouvaient être plus multipliées sans augmenter inutilement le poids de la charpente, sont des liens en fer et des boulons qui pressent les feuilles de l'arc et qui s'opposent au glissement de ces feuilles. L'expérience a prouvé que ces boulons ne coupent point le fil du bois d'une manière nuisible. On voit que les moises, les liens et les boulons rendent les feuilles d'un arc pour ainsi dire solidaires les unes des autres, et qu'ils s'opposent avec une grande force à leur redressement. Dans un arc de cinq feuilles et de 20 mètres d'ouverture, le développement de l'extrados a 60 centimètres de plus que celui de l'intrados; le redressement est par conséquent impossible. Dans le commencement du travail, les charpentiers appréhendaient cependant l'effet d'un redressement subit lorsqu'on abandonnerait un arc à lui-même; mais plusieurs expériences faites à Marac et à Libourne ont prouvé que la tendance des arcs à se redresser est très-faible. Des arcs assemblés seulement avec leurs liens, sans moises ni boulons, abandonnés subitement à eux-mêmes sur le chantier, ne se sont ouverts que de 16 centimètres, c'est-à-dire 8 centimètres à chaque extrémité. Un seul homme empêchait sans effort ce faible écartement; ainsi la poussée propre d'un arc est à peu près nulle.

» Dans chaque ferme, trois grands triangles sont formés extérieurement à l'arc par les jambes de force, les arbalétriers, les aisselliers et la moise-entrait. Leur combinaison avec l'arc et les moises normales compose un réseau aussi invariable que le permet la flexibilité des bois et le jeu des assemblages; mais dans ce système, et notamment dans la

charpente du hangar de Marac dont il s'agit ici, c'est principalement la raideur ou le ressort des arcs qui produit l'invariabilité de forme, et qui détruit entièrement la poussée sur les murs.

» Les feuilles ou madriers qui entrent dans la composition d'un arc ont 55 millimètres d'épaisseur, 13 centimètres de largeur et 12 à 13 mètres de longueur. Deux longueurs et demie, mises bout à bout, à joints carrés, suffisent au développement de l'arc. Les joints sont distribués de façon qu'aucun de ceux d'une feuille ne répond à un autre joint d'une feuille du même arc, et que tous sont couverts par les moises normales. Les feuilles ne peuvent avoir chacune que trois joints, le plus souvent elles n'en ont que deux ; ainsi, il ne peut y avoir que dix à douze de ces joints dans un arc.

» Toutes les pièces des fermes ont 13 centimètres comme l'arc et les arbalétriers, excepté les jambes de force, dont l'épaisseur a été portée à 20 centimètres.

» Les fermes sont entretenues à la distance de 3 mètres, de milieu en milieu, par des moises liernes horizontales qui embrassent les moises n° 4, par le faîte et la moise sous-faîte, et enfin par les pannes. »

Les conditions que l'auteur s'est imposées en construisant la charpente du hangar de Marac, sont : 1° qu'elle n'exerçât aucune poussée sur les murs ; 2° qu'elle pût porter une couverture très-pesante sans rien perdre de son élégance et de sa simplicité.

Pour éprouver les forces d'une ferme, on la chargea d'un poids de onze mille kilogrammes, ce qui dépassait de plus d'un quart le poids de la partie du toit qu'une ferme doit supporter, sans qu'on s'aperçût d'aucun dérangement de tout le système.

Une charpente du même genre a été exécutée pour le manège de Libourne, qui a 21 mètres de largeur sur 48 mètres de longueur; mais comme on n'était pas soumis à la condition d'annuler entièrement la poussée contre les murs, dont l'épaisseur était très-grande, on a apporté quelques modifications qui ont encore simplifié le système de charpente, et qui ont permis d'espacer les fermes à des distances cinq fois plus grandes que dans le système de Philibert Delorme, ce qui procure une économie de plus de moitié sur le cubage du bois, et une dépense moins grande de main-d'œuvre.

Enfin, dans la comparaison des surfaces des joints, entre les arcs de M. Emy et les hémicycles de Philibert Delorme, on trouve que pour les premiers, cette surface n'est que le

double de l'équarrissage d'un arc; tandis que, dans les autres, la somme des joints est égale à vingt-cinq fois la surface de l'équarrissage d'un hémicycle.

M. Emy a fait plusieurs projets de charpente pour des combles de 40 et de 100 mètres de largeur; ils sont présentés dans son ouvrage avec beaucoup de clarté et de développement, ainsi que la discussion des avantages de son système sur les autres systèmes en usage, et nous ne pouvons qu'engager nos lecteurs à le consulter.

La figure 1re de la planche XII représente l'élévation du sommet de la ferme de la figure 9, et la coupe suivant la ligne CD de la figure 2.

La figure 2 est la coupe suivant laquelle EF de la figure 1re, et l'élévation du faîte et des croix de Saint-André.

La figure 3 est la coupe d'une ferme suivant la face GH de la moise no 9 de la figure 1.

La figure 4 est la coupe d'une ferme suivant la face IJ de la moise no 8, fig. 1.

La figure 5 est la coupe d'une moise suivant le joint longitudinal KL d'un arc, fig. 1 et fig. 8.

La figure 6 est le bout d'une moise suivant la ligne MN, fig. 1 et fig. 8.

La figure 7 est la coupe d'un arc suivant la ligne OP (fig. 1), et le détail d'un lien en fer.

La figure 8 est l'élévation d'une des naissances de la ferme de la figure 9, comprenant les moises nos 1 et 2, ainsi que le profil du mur et des cases qui reçoivent les bouts de ces moises.

DE L'INTERSECTION DES COMBLES COMPOSÉS DE SURFACES COURBES.

1o *Règles générales.*

L'intersection des combles composés de surfaces courbes offre un grand nombre de cas qui peuvent tous se résoudre par les mêmes procédés. Nous allons parler de ceux qui se rencontrent le plus fréquemment, et le petit nombre d'exemples que nous donnerons suffira pour mettre à même de traiter toutes les questions qui peuvent se présenter.

Les combles composés de surfaces courbes, quelles que soient d'ailleurs leurs formes, peuvent être coupés par des murs droits ou circulaires, ou par d'autres combles à surfaces planes ayant ou n'ayant pas une même hauteur; enfin, l'intersection peut être l'effet de la rencontre de deux sur-

faces courbes. En outre, nous ferons remarquer : 1° que l'intersection d'un dôme ou comble hémisphérique, par un plan, est toujours une portion de cercle;

2° Que celle d'un comble conique, par un plan, donne une partie de la courbe fermée qu'on appelle *ellipse*, si la position du plan coupant est telle, qu'étant prolongé, il coupe le cône obliquement à son axe : c'est le cas de l'intersection d'un comble conique avec un comble droit, dont la pente serait moindre que celle du cône;

3° Que si le plan coupe le cône dans une direction parallèle à une de ses génératrices ou arêtes, la courbe n'est point fermée, ainsi que cela a lieu aussi lorsque la pente des deux combles qui se rencontrent est la même. Cette courbe se nomme *parabole;*

4° Que si le plan coupe le cône parallèlement à l'axe, ou si la pente du comble droit est plus raide que celle du comble conique, la courbe est également non fermée et présentera une *hyperbole;* mais, dans tous les cas, la construction graphique pour obtenir la forme ou le rabattement de ces courbes est absolument la même pour toutes;

5° Enfin, lorsque deux surfaces courbes quelconques se rencontrent, telles que celles d'un cône et d'un mur circulaire, celui d'une tour ronde, par exemple, la courbe alors est à *double courbure*, c'est-à-dire qu'elle n'est plus plane ou ne peut plus être contenue dans un plan.

2° *Comble en dôme coupé par un mur droit.*

Soit *a*, *b*, *c* (fig. 13, pl. IX) le plan d'un comble en dôme, *de* la direction d'un mur qui le coupe et contre lequel il doit être appuyé; on demande quelle sera la courbe comprise entre *f* et *g*, c'est-à-dire celle qui doit résulter de l'intersection de ces deux surfaces.

Nous remarquerons d'abord qu'elle ne peut être qu'un demi-cercle, parce que tout plan qui coupe une sphère ne peut pas donner d'autre courbe qu'une intersection, et que ce cercle doit avoir pour diamètre la droite *fg;* si donc du point *h*, milieu de cette droite, et avec *hf* ou *hg* pour rayon, on trace une demi-circonférence *fmg*, on aura la courbe rabattue suivant ses véritables dimensions.

Si les chevrons du comble ne doivent pas porter sur le mur, on établit au-dessus une ferme dont la courbe supérieure réponde à celle de l'intersection des surfaces qui se rencontrent, et dont les différents assemblages se disposent comme l'indique la figure 13, planche IX, où la ferme dont il s'agit est mise en *herse*.

3° Comble conique droit, coupé par un mur à plomb.

La courbe d'intersection sera une *hyperbole*. Soient, figure 14, pl. IX, le plan d'un comble; figure 14 *bis*, son profil ou sa projection verticale, et *ab*, *a'b'* le mur droit qui le rencontre. Pour avoir la courbe d'intersection *cod*, on mènera d'abord, sur le plan horizontal, du sommet à la base du cône, les génératrices ou arêtes *sn*, *s*1, *s*2, *s*3, *s*4: en projections verticales, elles seront *s'*1, *s'*2, *s'n'*, et elles rencontreront de part et d'autre le mur en des points *v*, *x*, *m*, *y*, *z*, *m'*, *x'*, *v'*, qui seront les projections d'autant de points de la courbe cherchée; ensuite, pour les obtenir en *herse*, on élèvera sur la direction horizontale du mur, les perpendiculaires *z*5, *y*6, *mo*, *x*7 et *v*8, on y portera les hauteurs correspondantes *a'm'*, *a'x*, *a'v'*, et par les points 5, 6, 7 et 8, on fera passer une courbe qui sera le développement de la courbe d'intersection, et, par conséquent, le contour supérieur du cintre ou de la ferme qui servira à porter l'extrémité inférieure des chevrons du cône.

Si le mur passait par le sommet du comble, il n'y aurait point de courbe, et l'intersection serait un triangle.

4° Comble en dôme rencontré par un comble à deux égouts.

Les courbes d'intersection de chacun des égouts avec le dôme, seront des portions de cercle; mais leurs projections seront presque toujours des parties d'ellipse.

Soient, figure 15, pl. IX, le plan d'un comble en dôme, dont une partie de la sablière est représentée par *abcd*; *e* son centre; *fg* le rabattement d'une section verticale indiquant l'épaisseur de lattis du dôme, et passant par le faîtage *eh* du comble à deux égouts; enfin, *akc* la projection horizontale de la courbe d'intersection des deux combles, courbe suivant laquelle les branches du noulet, qui doit être placé à leur rencontre, doivent être taillées.

Nous ferons remarquer d'abord que ces branches, qui sont *abk* et *ked*, en projection horizontale, peuvent être taillées de deux manières différentes. Suivant l'une, on peut supposer que la face extérieure *dm* se trouve parallèle et semblable à la face opposée en contact avec le dôme; suivant l'autre, on peut la supposer, au contraire, dirigée suivant *nb*, c'est-à-dire perpendiculairement à la ligne d'about *a*V du long-pan du comble droit.

De ces deux manières, et notamment dans les combles de peu d'importance, on préfèrera la deuxième, parce que, dans

cette hypothèse, le côté latéral intérieur de la branche peut être délardé en droite ligne, ce qui, en diminuant, à la vérité, la force du noulet, facilite beaucoup son exécution, et principalement l'assemblage de l'empanon *o*, qui vient s'y fixer par le bas et suivant une face de contact plane.

Dans le rabattement opéré suivant le sens latéral du comble droit, les branches sont représentées par la figure *pq*, et s'obtiennent, ainsi que le lattis du dôme contre lequel elles sont appuyées, au moyen de la construction graphique indiquée par les figures 15 et 15 *bis*, pl. IX.

Maintenant, pour mettre l'ensemble du noulet en herse (fig. 15 *bis*), on le considèrera vu de face et rabattu suivant *dmk'bn;* on élèvera ensuite par les points extrêmes de chacune des arêtes des deux branches, les perpendiculaires *k'* 1, *k'* 2, etc., et on y portera les hauteurs verticales correspondantes. Mais ces diverses opérations, au nombre de trois, ne donnant que les points extrêmes des branches, on en fera une quatrième pour déterminer, d'une manière plus exacte, la forme courbe qu'elles affectent : à cet effet, on supposera une section horizontale passant par *r s* (fig. 15); le plan de cette section coupera les branches du noulet, et, par conséquent, ses arêtes, en des points tels que ceux qui sont projetés horizontalement en *r* et en *s*. Dans la herse (fig. 15 *bis*), ils seront *r'*, *s'*, et ils appartiendront aux courbes correspondantes. Si donc, par ces points et par ceux qu'on a précédemment obtenus, on fait passer les lignes *r'* 1 et *s* 2, on aura les courbes cherchées, suivant leur véritable grandeur. En outre, nous ferons remarquer que ces courbes doivent être des portions de cercle décrites avec des rayons égaux à ceux dont on s'est servi pour tracer le rabattement latéral *g f* du lattis du dôme, puisqu'elles doivent avoir la même courbure que celui-ci. Enfin, les épaisseurs des branches sont représentées en herse par les parallèles 13, et 24 : l'on voit aussi l'angle suivant lequel chacune d'elles se trouve coupée en ses extrémités.

5° *Cône droit rencontré par un comble à surfaces planes formant croupe.*

Cette intersection donnera deux courbes qui se réuniront en un point commun *a* (fig. 16, pl. IX) : l'une *ab* sera l'intersection du long-pan avec le cône ; l'autre *ao* sera celle du plan de la croupe, également avec le même cône. Si l'inclinaison des plans coupants est la même, comme dans la figure 16, les courbes seront semblables. Dans le cas contraire, elles différeront ; mais le moyen de les obtenir ne

changera point pour cela. Nous ferons encore remarquer que, dans la figure 16, l'inclinaison du cône étant plus grande que celle du plan du comble droit, chaque courbe d'intersection sera une portion d'ellipse. Pour déterminer ces courbes (ou l'une d'elles seulement, puisqu'elles sont semblables), en projection horizontale et en herse; de plus, pour obtenir la forme de la pièce de bois correspondante, qui est une branche du noulet, il faut avoir les données suivantes : la base du cône (fig. 16 *bis*) ou la sablière *cbdc'*, sur laquelle s'appuient les chevrons; son sommet *s*; son inclinaison *s'b* en projection verticale; l'épaisseur *ef* de son lattis; celle *gs* du lattis du comble droit; l'inclinaison *ak* de ce dernier; enfin les projections horizontale et verticale *so* et *s'o'* de la génératrice du cône (fig. 16), qui correspond au point de rencontre *a* des deux courbes *ac* et *ab* de la figure 16, ou, si l'on veut, à l'intersection de l'arête commune des faces du long-pan et de la croupe.

S'il s'agit de déterminer la courbe *ca* (fig. 16), ou la branche du noulet qui y correspond, on abaissera d'abord, par les points *k* et *s* (fig. 16 *bis*), les perpendiculaires *kc*, *sn* : ces perpendiculaires rencontreront les courbes *cd*, *cb*, en des points *c*, *c'*, *m*, *n*, et ces points seront ceux où les arêtes du noulet viendront aboutir à la sablière. On mènera ensuite, par le point *a*, une autre perpendiculaire *aq'*, qui, par son intersection avec la génératrice *so*, donnera le point *a'*, correspondant au point *a* dans la figure 16 : ce sera, par conséquent, l'extrémité de l'intersection ou de l'arête supérieure de la branche droite du noulet. Si donc l'on mène par ce point, et par le point *c*, situé sur la sablière, la courbe *ac*, on aura la projection horizontale de cette arête. Cependant, comme deux points ne suffisent pas pour tracer une courbe, il est indispensable d'en déterminer un troisième, et souvent même un quatrième. A cet effet, on répètera l'opération ci-dessus au moyen de nouvelles génératrices *sp*, *sq*, qui donneront, en opérant comme pour la première, les deux points *p'* et *q'*, qui appartiendront également à la courbe dont il s'agit. Quant aux trois autres courbes formant avec *ac* les quatre arêtes de la branche du noulet, on les obtiendra par une marche analogue à la précédente. On peut même encore employer, pour arriver au même résultat, la méthode des sections horizontales, comme nous l'avons fait lorsqu'il s'est agi des figures 15 et 15 *bis*. Ces sections sont représentées par des portions de cercle U, V, en projection horizontale pour chacune d'elles, et en projection verticale par des lignes droites U', V'; mais il est bon de remarquer qu'en projection

horizontale, chaque intersection donnera deux cercles qui indiqueront l'épaisseur du lattis du cône, tandis qu'en projection verticale, ces deux cercles se confondront.

Quant au rabattement ou herse de la branche du noulet, dont l'objet est d'en déterminer la véritable longueur et la courbure, voici comment on l'effectuera : on reportera la ligne $c\,k'$ en $c^2 k^2$, parallèlement à elle-même; par les points c, c', n, m, a', etc., de la projection horizontale, on élèvera sur $c^2 k^2$, les perpendiculaires $n\,n'$, $c\,c^2$, $a'\,a^2$, etc., et l'on y portera les longueurs correspondantes situées dans la projection verticale (fig. 16 *bis*); c'est-à-dire que, pour avoir le point a, on portera $k\,a$, de x en a^2; et pour avoir le point n', on portera d'abord $k\,g$ de k^2 en g^2, d'où menant ensuite $g^2 n$ parallèle à $k^2 c^2$, on aura, par son intersection avec nn', le point n' pour celui qui est situé en n. Enfin, pour obtenir d'autres points de la courbe, tels que ceux qui sont indiqués par les numéros 2, 3, 4 et 5, on suivra le même procédé.

6° *Comble conique rencontré par un mur circulaire, tel que celui d'une tour ronde.*

La courbe d'intersection, comme nous l'avons dit au commencement de ce chapitre, sera à double courbure; mais en projection horizontale, elle sera une portion de cercle. Soient donc $a\,b\,c\,d$ (fig 17, pl. IX) la base d'un mur circulaire; o son centre; la figure 17 *bis* sa projection verticale; s, s' les projections du sommet du cône rencontré par ce mur; enfin, $s\,o$ et $s'o'$ les projections de la génératrice correspondante au point o, et indiquant en outre son inclinaison.

Si, par les points b et c, on élève les perpendiculaires $b\,e\,c\,f$, on aura, par leur rencontre avec $s'o$, les points $e\,f$, qui seront les extrémités de la courbe cherchée en projection verticale. Pour avoir un troisième point intermédiaire de cette même courbe, on mènera une génératrice du cône en un point quelconque g de sa base : cette génératrice sera $s'\,g'$ en projection verticale, et elle rencontrera le mur en un point projeté suivant hh' qui appartiendra à l'intersection du cône et de la tour. Ainsi, en menant une courbe par les trois points f, h', e, on aura la projection verticale demandée.

7° *Des ouvertures pratiquées dans les combles.*

Les ouvertures qui se pratiquent le plus ordinairement dans les combles, sont les *lucarnes* et les *trémies* : on appelle ainsi les ouvertures destinées à donner passage aux tuyaux de cheminée.

3° *Charpente du marché Saint-Germain à Paris, exécutée en 1816, sous la direction de MM. Blondel et Lusson, architectes.*

La figure A, planche XIII, représente une des fermes du marché ci-dessus désigné, et dont le système réunit à la fois la force et la légèreté. Elle est en chêne et supporte la couverture en tuiles creuses de quatre corps de bâtiments, formant entre eux un rectangle de 92 mètres de longueur, sur 75 mètres de largeur.

Les fermes ont une largeur constante de 14m.05 hors d'œuvre, sur une hauteur de 4 mètres. Elles sont espacées entre elles de 4m.05. Les entraits ont une portée de 13m.05; ils sont composés de trois pièces assemblées à trait de Jupiter aux points c^2 et b, où sont placées les moises pendantes ac et bd. Ils ont 20 sur 26 centimètres d'équarrissage, ainsi que les faux entraits. Dans les fermes d'angle, les entraits qui ont 20 mètres de longueur, ont 22 sur 26 centimètres, et sont également composés de trois pièces assemblées à trait de Jupiter. Enfin, les arbalétriers ont 20 sur 24 centimètres d'équarrissage.

Quant aux autres parties de la charpente, elles sont cotées sur la figure B, qui représente une demi-ferme de croupe, à une échelle assez grande pour qu'on puisse y distinguer les assemblages principaux, et l'emplacement des boulons.

4° *Hangar en bois exécuté à Cherbourg.*

Les figures cotées 12, planche II, représentent un hangar en bois projeté par M. le baron Cochin et exécuté à Cherbourg. Ce bâtiment est composé de trente travées semblables à celles qui sont indiquées au plan. Sa longueur totale est de 276 mètres et sa largeur de 34m.25. Les piliers sont en granit. La charpente est exécutée partie en bois de chêne, et partie en bois de sapin. La couverture est en ardoises du pays.

A est la partie centrale destinée au dépôt des bois; et a, a, a sont trois appentis pour les ouvriers.

Quant aux dimensions de l'équarrissage de diverses pièces, elles sont ci-après détaillées.

1° *Pièces en sapin.*

Arbalétriers, entraits et sous-poutres des fermes transversales.	0m.20	à 0m.28
Longuerines.	0 20	0 25

Croix de Saint-André.	0	16	0	20
Pannes.	0	14	0	20

2° *Pièces en chêne.*

Poutres et pièces moisées des fermes transversales; poutres, sous-poutres, contre-fiches et pièces des moises des fermes longitudinales.	0m.20	à	0m.25	
Pièces formant les poteaux verticaux destinés à supporter le comble supérieur. .	0	20	0	30

SECTION III.

Des cintres.

Les cintres sont des espèces de fermes (pl. IX, fig. 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24), analogues à celles qu'on emploie dans les combles, et dont on fait usage, comme moyen d'exécution, dans la construction des voûtes : leur objet principal est de maintenir les voussoirs immobiles après leur pose, jusqu'à ce que la voûte qu'ils doivent former par leur réunion puisse être abandonnée à elle-même.

La forme, ainsi que le degré de solidité qu'il convient de donner aux cintres, doit varier selon la courbure de la voûte et suivant la nature des matériaux. Les plus simples sont composés de deux ou trois épaisseurs de planches clouées ou chevillées ensemble, que l'on coupe suivant une courbe concentrique à l'intrados de la voûte, ou qui présentent, par leur disposition, la forme d'un polygone très-rapproché de cette courbe, que l'on achève ensuite au moyen de morceaux de bois délardés suivant la courbure qu'on veut avoir, et qu'on applique sur les côtés du polygone. Mais, lorsqu'ils sont formés ainsi, c'est-à-dire par des planches, ils ne peuvent supporter que des voûtes légères.

On donne ordinairement aux planches autant de pouces de largeur et autant de lignes d'épaisseur que la voûte a de pieds de diamètre. Dans les murs ordinaires, et pour la construction des portes et croisées cintrées, deux cintres suffisent. Pour les grandes voûtes des caves de magasins, d'arches de ponts, etc., on est toujours obligé d'en établir de distance en distance, pour recevoir les planches ou les madriers qui servent à former le lit de l'intrados de la voûte. Le *maximum* de l'écartement est de 1m.65.

Ce qui a été dit à l'article *Comble*, concernant la disposition des pièces qui composent les fermes, peut également s'appliquer aux cintres. Seulement, nous ferons remarquer que la position du faux-entrait doit être déterminée, dans certains cas, suivant une considération qui est particulière aux voûtes.

Mais, avant d'entrer dans des détails à cet égard, nous décrirons d'abord quelques-uns des cintres représentés par leur moitié à la planche IX, afin de fixer, avant tout, les idées sur les diverses manières dont on peut les combiner.

La figure 17 est un cintre entier, dont l'entrait *a* est placé, ainsi que cela se pratique presque toujours, à la hauteur de la naissance de la voûte, et dont l'objet est de soutenir les autres pièces de bois dont le cintre est formé. Ces pièces sont un poinçon *b*, deux fiches *c*, et les courbes *d*, formant arbalétriers : elles sont destinées à recevoir les *couchis* ou *madriers e*, sur lesquels doivent poser les pièces de la voûte. L'entrait est soutenu par trois poteaux *f*, qui sont assemblés, par leur pied, dans une autre pièce *g*, placée sur le sol, et que l'on nomme *sablière*. Il n'est pas toujours indispensable de donner aux pièces *f* une direction verticale : on peut, si on le veut, les incliner, comme l'indique la figure 1, excepté, cependant, celle du milieu : dans cette position inclinée, elles prennent le nom de *jambe de force*.

La figure 18 est, ou peut être, d'une plus grande dimension que la précédente, attendu que, indépendamment de la fiche *c*, on y a ajouté une contre-fiche *o*. Du reste, elle est composée des mêmes pièces que celles qui sont dénommées ci-dessus.

La figure 19 est un cintre qui a, de plus que les premiers, deux arbalétriers sur lesquels sont appuyées les fiches et contre-fiches *c*, *o*, tendant au centre de la courbe. Ce cintre convient, comme les précédents, à la construction des arcades, et son entrait doit être également soutenu par des poteaux.

La figure 20 représente un cintre surbaissé, propre à la construction des caves : il est formé des mêmes pièces que celui de la figure 18, dont il ne diffère que par la courbe. Les jambes de force *f* servent à soutenir l'entrait dans son milieu. Lorsque les voûtes sont construites en maçonnerie légère, telle qu'en briques, on peut se contenter de placer sur les courbes des planches presque jointives, au lieu de madriers, ainsi que l'indique la figure 20.

La figure 21 est un autre cintre, en ogive, composé d'un

entrait *a* et d'un faux-entrait *h*, dont la position est déterminée par la ligne *pq*, menée du point *q* au point *z*, par lequel on fait passer la face supérieure du faux-entrait. Ce faux-entrait *h* est buté par des jambes de force *i*, dont les bouts sont contre-butés par un renfort *v*, qui double le faux-entrait dans cette partie : celui-ci supporte un poinçon *b*, et deux fiches *c* perpendiculaires à la courbe. Les jambes de force *i* sont reliées aux autres pièces du cintre par les moises *k*, dirigées vers le centre de la courbe correspondante, et dans lesquelles sont assemblées les fiches *l*.

Dans la construction des voûtes en pierres de taille et de moyenne grandeur, on peut employer les cintres dont nous venons de parler; mais, lorsqu'elles sont d'une plus grande ouverture, telle que celle des arches de ponts, etc., il faut les combiner en conséquence, et ainsi que nous en offrons quelques exemples par les figures 22, 23 et 24. Mais avant d'indiquer la manière de les former, nous ferons remarquer, afin de revenir à ce que nous avons dit plus haut concernant le faux-entrait, que, lorsqu'on a posé un certain nombre de voussoirs, il arrive que le cintre se trouve comprimé par les flancs de manière à le déformer. L'emplacement de ce faux-entrait est déterminé, dans la pratique, par le point où les voussoirs commencent à avoir une poussée assez marquée pour tendre à faire naître cet inconvénient. Or, l'expérience a prouvé que les voussoirs posés de *m* jusqu'en *n*, (fig. 23), c'est-à-dire, jusqu'à ce que l'angle *n o m* ait 30 degrés d'ouverture avec l'horizon, n'exercent que très-peu de pression vers le centre *o*, mais que, passé ce point *n*, et vers le centre du cintre, si les pierres n'étaient pas maintenues, elles glisseraient, parce que le frottement sur les surfaces de joint ne suffirait plus pour les fixer entre elles. C'est donc là que le cintre en bois commence à supporter un grand poids (et à la rigueur, ce ne serait qu'en ce point que le cintre deviendrait nécessaire), et qu'il faut en augmenter la force. Les praticiens ont fixé l'emplacement de l'entrait au point P : alors les joints ont une direction de 45 degrés avec l'horizon. Ils ont adopté cette limite pour toutes les espèces de voûtes, ce qui revient à placer l'entrait à la moitié du demi-cintre circulaire, et aux deux tiers pour les ogives.

Les figures 22 et 23 représentent deux cintres différents par leur construction. Le premier se compose de polygones inscrits l'un dans l'autre; le second a un faux-entrait. Ce dernier doit être préféré comme étant mieux disposé pour résister à la pression de la voûte, ce qui est rendu évident

par la décomposition des forces. Il est formé d'un entrait *a*; d'un faux-entrait *h*; d'un poinçon *b*; d'une jambe de force *c* pour soutenir la portée du faux-entrait; d'une contre-fiche *d* placée dans le prolongement de la jambe de force et destinée à buter le poinçon *b*; d'une doublure ou renfort *e* placée sous le faux-entrait pour contre-buter en même temps le poinçon et la jambe de force *c*; d'un poteau *f*, soutenant l'extrémité du faux-entrait; enfin de moises *k*, servant à maintenir les autres pièces.

La figure 24 est un cintre surhaussé, construit de la même manière que le précédent, dont il ne diffère que par les deux moises placées dans la partie inférieure. Lorsque le cintre est surbaissé, on peut lui donner plusieurs fiches dans la partie supérieure, ainsi que l'indique la figure 20, et seulement une moise dans la partie inférieure.

Les cintres dont nous venons d'indiquer la construction sont encore susceptibles d'être exécutés différemment, soit en les modifiant, soit en les combinant entre eux, suivant les circonstances particulières qui peuvent se présenter dans la construction des voûtes.

Des Echafaudages.

Les échafaudages sont des assemblages de bois de charpente, élevés au-dessus du sol, et dont on se sert momentanément pour faciliter la construction des bâtiments. Ils sont destinés à élever les ouvriers, les matériaux, les outils et les machines.

On en distingue de deux espèces : les échafaudages *simples* et ceux *d'assemblages*. Les premiers sont en usage pour les bâtiments ordinaires : ils sont quelquefois composés de chevalets sur lesquels on place des planches; mais ordinairement ils sont formés au moyen de grandes perches verticales nommées *tendières* ou *échasses*, placées parallèlement à 1 mètre ou 1 mètre 30 de distance des murs en construction, et dont le pied est enfoncé en terre et consolidé par des pierres que l'on fixe autour avec du plâtre ou du mortier. L'espacement donné aux perches est de 2 à 3 mètres. Elles sont reliées entre elles par des traverses horizontales et longitudinales qui sont attachées par des cordes. Ces traverses, placées à une hauteur où l'homme ne pourrait atteindre sans moyen d'exhaussement, ont pour objet d'arrêter le mouvement du système, et de porter d'autres pièces transversales appelées *boulins*, plus courtes et plus fortes, que l'on relie aussi, par un bout, aux perches avec des cordes, et qui sont fixées par l'autre bout dans le mur

que l'on construit. On établit ensuite, sur ces traverses, des madriers pour former le plancher qui doit porter les matériaux destinés à la construction.

Les échafaudages s'établissent par étages placés les uns après les autres à mesure que le bâtiment s'élève.

Lorsque les perches ne sont pas suffisamment grandes pour atteindre le haut de la construction, on les prolonge avec des liens, afin qu'elles puissent satisfaire à cette condition.

On rebouche les trous formés par les *boulins*, au fur et à mesure que l'on démonte l'échafaudage, ce qui se fait en commençant par la partie supérieure. Mais, lorsqu'on veut éviter de pratiquer des trous dans les murs, ce qui les dégrade toujours plus ou moins, et ce qui n'est quelquefois pas praticable lorsque, par exemple, ils sont formés en pierre de taille, on est obligé d'employer, pour soutenir les boulins, une double rangée de perches que l'on place alors le long du mur même; ou bien encore de faire reposer ceux-ci sur les appuis des croisées, en les retenant alors intérieurement, selon que le permettent les localités, afin d'empêcher que l'échafaudage ne se renverse. On peut aussi, pour le cas dont il s'agit, en faire reposer quelques-uns sur les parties en saillie du mur, lorsqu'il y en a.

Les échafaudages d'*assemblages* sont ceux qu'on emploie pour les grands édifices. Ils sont en charpente dont les pièces doivent avoir de 21 à 27 centimètres d'équarrissage, afin de pouvoir résister aux poids très-pesants qu'ils ont quelquefois à supporter, tels que blocs de pierre, machine servant à élever les matériaux, etc. Ils se distribuent, comme les précédents, par étages, et sont formés de montants ou pièces de bois placées verticalement, enfoncées et scellées dans la terre, à 4 ou 5 mètres de distance du mur. On les fait aussi porter par des sablières étendues horizontalement sur le terrain. Ces montants sont reliés entre eux par des longuerines sur lesquelles portent des boulins ou solives qui doivent recevoir le plancher.

Pour donner plus de solidité à ces échafaudages, on peut relier les montants par des croix de Saint-André, disposées comme dans les pans de bois. On peut aussi consolider l'ensemble au moyen de décharges, liens, contre-fiches, etc.; mais, autant que possible, on doit éviter d'employer une trop grande multitude de pièces, toujours nuisible à la libre exécution des travaux. En bonne construction, un échafaudage doit être simple, solide et proportionné en tout à l'usage auquel on le destine. Les diverses pièces qui le forment peuvent être moisées, ou assemblées à mi-bois, ou encore à

tenons et mortaises; toutefois, on évitera de trop découper les pièces, afin qu'elles puissent servir à d'autres usages, sans qu'il en résulte trop de déchet pour les assemblages.

On peut encore donner aux échafaudages des formes différentes de celles que nous venons de décrire; ainsi ils peuvent être suspendus, soit qu'on ne veuille pas encombrer la voie publique, soit que l'on ait à exécuter des constructions au bord de l'eau. Ils peuvent être aussi adaptés aux travaux intérieurs des grands édifices; mais il nous est impossible d'en donner la description, attendu que leurs combinaisons peuvent varier à l'infini, selon la nature des réparations à faire, le poids des matériaux, le nombre des ouvriers et la disposition des localités. C'est donc d'après ces diverses considérations que l'architecte ou le maître charpentier devra juger par lui-même des moyens à employer pour monter solidement et convenablement ces espèces d'appareils (1).

DES ÉTAIES ET ÉTAIEMENTS, ÉTRÉSILLONS ET ÉTRÉSILLONNEMENTS.

On appelle *étaies* les pièces de bois qui servent momentanément d'appui aux parties supérieures d'un bâtiment, lorsqu'on en reprend les murs ou quelque partie des murs en sous-œuvre; ou bien encore lorsqu'on pratique dans une façade une ouverture de boutique ou une porte-cochère, en supprimant, par conséquent, un ou deux trumeaux du rez-de-chaussée, pour les remplacer par un *poitrail* ou par une *poutre armée*.

Par le mot *étaiement*, on entend l'action d'étayer; on donne aussi ce nom à l'ensemble des pièces de bois qui soutiennent les parties étayées.

Les étaies ont quelquefois des charges très-considérables à supporter, celle de toute une façade, de planchers, etc. Il faut donc qu'elles soient combinées entre elles de manière à remplacer l'appui que donnait le mur ou la partie que l'on est obligé de démolir. Il faut aussi que les pièces soient d'un équarrissage assez fort, qu'aucune d'elles ne tende à contrarier l'effet des autres, et qu'elles concourent toutes au même but, qui est de soutenir et de maintenir également les parties qui ont besoin d'être étayées.

(1) La construction des échafaudages étant une de celles où brille le plus souvent la science et le talent du charpentier, il importe à celui qui veut se perfectionner dans son art de connaître les plus beaux travaux qui ont été faits dans ce genre, et de consulter pour cela le *Traité des échafaudages*, *publié par J.-Ch. Krafft*, 1 vol. in-folio, où il trouvera un ample sujet d'études.

Il serait assez difficile de donner des règles certaines sur la manière de combiner les pièces qui doivent former un étaiement ; l'expérience seule peut apprendre comment il convient de les placer, car leur disposition doit varier selon les circonstances. Mais, en principe, on doit avoir généralement égard à ce qui a été dit plus haut, tout en évitant d'y employer une trop grande quantité de bois, car on augmenterait la dépense sans nécessité, et l'on nuirait aussi, en les prodiguant trop, à la libre exécution de l'ouvrage.

Lorsqu'il s'agit de pratiquer une ouverture pour faire un devant de boutique ou une porte cochère, en supprimant le mur du rez-de-chaussée, on commence, afin de prévenir les ébranlements dans la partie supérieure de la façade, par poser (fig. 25, pl. IX) le long des jambages des croisées qui correspondent à l'ouverture à pratiquer, des pièces *a*, debout, appelées *couchis*, que l'on maintient par d'autres pièces ou *étrésillons* *b*, inclinées alternativement en sens contraire. On perce ensuite plusieurs trous dans le mur, pour recevoir de fortes pièces de bois *c* en élévation (fig. 25) et *c'* en profil (fig. 26), soutenues à chaque extrémité par deux étaies *d*, inclinées en sens contraire, et à l'ensemble desquelles on donne, pour ce cas seulement, le nom de *chevalement*. On enlève après la partie du mur destinée à l'ouverture, et l'on place la pièce *e* ou le *poitrail*, qui doit être portée par ses extrémités sur les jambages de la porte. Les étaies sont posées sur des sablières *f*; leur pied est coupé en biseau des deux côtés (fig. 25 et 29), et afin qu'il porte dans toute son épaisseur sur la sablière, on fait usage de coins (fig. 27) qu'on fixe avec des clous. Le haut est arrêté par une entaille à mi-bois (fig. 38).

Pour reprendre les murs en sous-œuvre, on procédera de la même manière, quant à ce qui concerne le chevalement. Mais, dans tous les cas, lorsqu'ils porteront des planchers, ceux-ci devront être, en outre, soutenus par des étaies (fig. 30), avec des sablières par le bas et des chapeaux par le haut, et de manière à ce que chaque étaie corresponde au-dessus de celles qui soutiennent l'étage inférieur.

Comme il arrive quelquefois, dans le cours de ces opérations, que les planchers se portent plus d'un côté que de l'autre, il est convenable alors de donner aux étaies une légère inclinaison en sens contraire, afin de les faire buter comme par des jambes de force.

Enfin, lorsqu'on établit les étaies ou les étrésillonnements, il ne faut pas les frapper pour les raidir, mais bien se servir de pinces, sans causer d'ébranlement.

La figure 31 représente une autre manière de former un chevalement pour soutenir un mur et le reprendre en sous-œuvre. Ce chevalement est composé de deux étaies *a*, d'une contre-fiche *b*, d'un chapeau *c*, et d'une sablière *d*.

La figure 32, pl. IX, est un étaiement qui peut servir à la réparation d'un cintre ou à la reprise en sous-œuvre de ses pieds droits; les diverses pièces qui le forment sont quatre étaies *a*, portées par une sablière *a'*, un entrait *b*, huit fiches ou poitrails *c*, quatre couchis *d*, et diverses cales *e*; mais le nombre ni la grandeur de ces diverses pièces ne sont point limités; on conçoit, en effet, qu'ils peuvent varier selon les besoins, la forme de la voûte et l'importance de l'étaiement.

La figure 33 représente un étaiement pour soutenir un mur de refend : *a*, contre-fiches; *b*, sablière inclinée. On peut aussi faire varier cet étaiement, en incrustant dans les murs des pièces de bois *m* placées perpendiculairement, et sur lesquelles on appuie les contre-fiches. Il convient d'employer ce moyen lorsque les murs ont peu de consistance.

Enfin, la figure 34 représente un étrésillonnement pour soutenir les terres d'une tranchée et prévenir les éboulements : *a*, couches debout, étrésillons, et *c*, couchis en planches.

DES PONTS EN BOIS.

L'établissement d'un pont, la construction d'un cintre et la disposition d'un comble de grande étendue, sont trois opérations de la charpenterie qui exigent, de la part de celui qui en combine les éléments, la connaissance des lois de l'équilibre et de la théorie des forces. Bien que cette partie importante de la mécanique ait été développée assez longuement dans l'introduction, comme il arrive fréquemment au lecteur de passer trop rapidement tout ce qui porte le nom de préface, introduction, ou notions préliminaires, nous ne commencerons pas l'article des ponts sans lui avoir démontré une seconde fois, mais rapidement, les principes de la mécanique qui trouvent leur application dans l'établissement d'un projet de pont ou de comble.

Notions de mécanique. — Lois de l'équilibre.

La partie de la mécanique qui considère les rapports que les forces doivent avoir en grandeurs et en directions, pour être en équilibre ou en repos, est appelée *statique*.

Lorsqu'un corps en repos est sollicité à se mouvoir par plusieurs forces agissant dans des directions quelconques, il

existe toujours une force unique qui peut représenter toutes ces forces ensemble, et qu'on appelle *la résultante*, parce qu'en effet elle résulte de la combinaison des autres forces qu'on appelle *les composantes*.

La géométrie fournissant les moyens de comparer des nombres à des droites, on peut représenter une force par une ligne droite prise sur la direction de cette force, et par une autre droite multiple, une force multiple de la première. Ainsi, supposons qu'une force soit égale à 300 kilogrammes, et qu'elle soit représentée par une droite de 3 centimètres de longueur (1 centimètre pour 100 kilogrammes), et qu'une autre soit égale à 900 kilogrammes; celle-ci sera représentée par une droite dont la longueur doit être, avec la première droite, dans le même rapport que les forces entre elles : elle sera donc trois fois plus grande, et aura 9 centimètres de longueur.

On obtient, par des constructions géométriques très-simples, non-seulement la *direction* de la résultante de plusieurs forces, mais encore la *grandeur*, qui mesure l'intensité de cette force unique qui résulte des forces composantes. A cet effet, il suffira de tracer avec soin, et sur une échelle assez grande pour ne pas commettre d'erreur trop sensible, des figures dont nous expliquerons la construction, et qui donneront un résultat assez exact pour être un guide certain dans la pratique, parce que, nous le répétons, dans les applications, on se tient toujours beaucoup au-dessous des résultats qui sont donnés par la théorie.

Plusieurs forces ayant une même direction, appliquées à un point et agissant dans le même sens, ont pour résultante une force unique égale à leur somme.

Deux forces agissant dans la même direction, mais en sens contraire, ont pour résultante une force unique égale à la différence des deux forces composantes, et dirigées dans le sens de la plus grande des deux. Ainsi, un corps sollicité à se mouvoir par une force de 500 kilogrammes dans un sens, et de 300 kilogrammes dans le sens opposé, suivra la direction indiquée par la force de 500 kilogrammes; mais il se mouvra comme s'il n'était sollicité que par une force de 200 kilogrammes.

Enfin, deux forces peuvent agir sur un même point, dans des directions différentes faisant entre elles un angle quelconque : dans ce cas, la résultante prendra une certaine direction comprise dans l'angle formé par les directions des deux composantes.

Il est démontré, en statique, que, quand les deux forces

composantes sont représentées en grandeur et en direction par des lignes droites, leur résultante est également représentée en grandeur et en direction par la droite qui sert de diagonale au parallélogramme dont ces deux lignes sont les côtés.

Soit un point A (fig. 7, pl. X) sollicité par deux forces *A B* et A C agissant dans des directions perpendiculaires entre elles, dont la première égale à 40, et la seconde à 30 kilogrammes. Le rapport des forces étant comme 4 est à 3, *si* A B représente 4, A C devra en être les trois quarts. Maintenant, si par le point B on mène une droite parallèle à A C, et, par le point C, une autre droite parallèle à AB, ces deux droites se couperont au point D, et formeront avec les droites AB et A C, ce qu'on appelle le *parallélogramme des forces*, lequel sera un rectangle dans le cas supposé. La grandeur et la direction de la résultante cherchée seront représentées par la diagonale AD, dont la longueur, comparée à celles AB ou AC, dans l'exemple que nous avons choisi, sera trouvée égale à 5 des 4 parties de AB ou des 3 parties A C. Ces 5 parties représenteront, par conséquent, 50 kilogrammes : donc les deux forces, dont la somme est de 70 kilogrammes, ne pousseront ou ne tireront le point A, dans la direction de la droite AD, que comme si elles n'étaient égales qu'à 50 kilogrammes.

Puisqu'il est possible de représenter plusieurs forces par une seule droite, on peut aussi résoudre le problème inverse, autrement dit, décomposer une seule force en plusieurs autres agissant dans des directions différentes. Soit (fig. 2, pl. X) une force dont la direction est A E, et dont la grandeur est AB, que l'on veut décomposer en deux autres agissant suivant les directions AG et AH : on mènera, par le point B, deux parallèles BC et BD aux directions données AH et AG, et l'on obtiendra, pour les deux forces cherchées, produisant l'effet de AB, les forces AC et AD, qu'on pourrait aussi décomposer, si on le voulait.

Pour déterminer la résultante de plusieurs forces agissant sur un même point, on prend, sur la direction de chacune de ces forces, à partir du point A (fig. 1, pl. X), une quantité proportionnelle à sa grandeur; puis, considérant d'abord deux quelconques d'entre elles, par exemple A G et AI, on trace le parallélogramme AGHI, dont la diagonale AH représentera, en grandeur et en direction, la résultante particulière des deux forces combinées.

A la place des forces AG et AI, on prendra leur résultante AH; puis, considérant les deux forces AK et AN, on

achèvera le parallélogramme AHMN, dont la diagonale AM représentera la résultante des deux forces AK et AN, et par conséquent aussi la résultante des trois forces AG, AI, AN.

En continuant ainsi jusqu'à la dernière force, on trouvera la direction et la grandeur de la résultante de toutes les forces que, pour simplifier, nous appellerons B, C, D, E, etc., en quelque nombre qu'elles se trouvent.

Principes déduits de la théorie des forces appliquées aux combles et aux ponts.

Le principe général consiste à établir un système de charpente, dans lequel la disposition des pièces de bois soit telle que l'effort supporté par chacune d'elles agisse dans le sens de sa longueur.

Nous allons examiner quelle est la nature des forces qui agissent sur les différentes pièces d'une ferme de charpente.

Lorsque deux pièces de bois BG et BF (fig. 6, pl. X) supportent une troisième pièce verticale AB posée, comme on le voit, sur les premières, il est évident que la pression éprouvée par chacune de celles-ci s'exerce dans le sens de leur longueur. Si l'on veut connaître l'effort qui a lieu sur BG et sur BF, il faut prolonger AB, et prendre, sur ce prolongement, une partie BC pour représenter le poids de la pièce verticale; tirer ensuite CD et CE parallèlement à BF et à BG, afin de former un parallélogramme, dont les côtés BD et BE représenteront respectivement les efforts qui ont lieu sur les pièces inclinées BG et BF.

La pression verticale ou la force BC restant la même, les efforts sur BG et BF augmenteront à mesure que l'angle FBG deviendra plus ouvert. Admettons, en effet, que les pièces BG et BF s'inclinent davantage, et prennent les nouvelles positions B*g* et B*f*: si nous formons le parallélogramme B*e*C*d*, nous verrons que les forces BD et BE ont augmenté, en devenant B*d* et B*e*.

Il est évident que, si la pièce AB, au lieu de porter sur le point B, était suspendue à ce point, comme cela arrive, par exemple, dans une ferme dont le *poinçon* est attaché aux deux *arbalétriers*, les efforts qui ont lieu sur les pièces BG et BF resteraient les mêmes que précédemment.

Les arbalétriers étant pressés, dans le sens de leur longueur, par l'effet du poids qui agit sur le point de rencontre, une partie de cette pression tend à les écarter l'un de l'autre et à faire marcher leurs pieds dans deux directions opposées. Pour connaître la force qui sollicite chaque pied, admettons que nous ayons d'abord trouvé, comme précédemment, les

efforts qui ont lieu dans le sens de la longueur des pièces A B et A C (fig. 3, pl. X) : prolongeons d'abord AB d'une quantité BG, que nous supposerons représenter la pression qui agit sur l'arbalétrier AB, et menons les droites BI et BH, l'une horizontale et l'autre verticale : la longueur BI représentera la force avec laquelle le pied B est poussé dans la direction BI par la pression de AB. Le pied C est poussé en sens contraire par une autre force égale à BI : pour détruire ces deux forces, il suffit de les opposer l'une à l'autre au moyen d'une pièce de bois BC que l'on nomme *entrait*, et qui complète ce qu'on appelle une *ferme* simple.

Dans les combles des bâtiments, un entrait d'un faible équarrissage est suffisant pour détruire les poussées horizontales, c'est-à-dire pour maintenir les arbalétriers, et les empêcher de s'écarter ; mais, à l'égard des ponts en charpente, auxquelles on adapte des fermes, il y a cette distinction importante à faire ; car ce sont, au contraire, les arbalétriers qui ont pour objet de maintenir l'entrait BC (fig. 3, pl. X), et de s'opposer à ce qu'il ploie, ou à ce qu'il se rompe sous l'effort des fardeaux qui le chargent. Le point D, milieu de l'entrait, étant attaché au point A par l'intermédiaire du poinçon AD, les poids dont la pièce BC est chargée exercent, sur le poinçon, un effort qui agit dans le sens de la longueur AD ; cet effort, à son tour, produit à chaque pied B et C des arbalétriers, des pressions telles que BI et BH : or, la force qui tend à écarter le pied B du point D, est précisément égale, mais en direction opposée, à la force qui tend à écarter le pied C ; donc elle s'oppose à la flexion de l'entrait.

Ainsi, au moyen d'une ferme, l'effort vertical exercé par les poids qui chargent l'entrait peut être reporté sur d'autres pièces de bois, sur lesquelles il agira dans des proportions et suivant des directions connues : on peut, par conséquent, combiner entre elles plusieurs fermes, de manière à former un grand système de charpente, dans lequel toutes les pièces de bois, étant seulement tirées ou pressées dans le sens de leur longueur, se comporteront comme des corps rigides qui auraient les dimensions de tout le système.

Supposons, en effet, qu'une seconde ferme DPO soit placée comme l'indique la figure 3, pl. X : l'effort vertical BH, qui provient du poids AD, et agit à l'extrémité B de l'arbalétrier AB, sera supporté par le nouveau poinçon PB, et la pression horizontale BI, qui tend à écarter le pied B, sera détruite par une pression égale BR, qui sollicite, en sens opposé, l'arbalétrier BE d'une troisième ferme BEF.

Il est évident d'ailleurs, que plus les arbalétriers d'une

ferme s'approcheront de la position verticale, plus leur résistance est grande; car, en décomposant en deux la force à laquelle ils doivent résister, une des forces agissant parallèlement, et l'autre perpendiculairement à la direction de l'arbalétrier, celle-ci sera plus petite que la première, qui se trouvera d'ailleurs détruite par la résistance de l'appui. Nous n'avons donc plus à considérer que la seconde, qui diminuera à mesure que les arbalétriers s'approcheront de la verticalité, et feront entre eux un angle plus aigu : cette force même deviendrait nulle, si les arbalétriers pouvaient être placés verticalement, ce qui serait vrai si le bois était inflexible; mais les expériences sur la résistance des bois nous ont fait connaître qu'elle diminuait dans une proportion plus grande que la longueur n'augmentait : d'où il s'ensuit que, si la résistance d'un arbalétrier est augmentée d'un côté, par le peu d'inclinaison qu'on lui a donnée, elle diminue de l'autre par l'excès de longueur que cette inclinaison exige. Il arrivera donc un moment où l'arbalétrier ploiera sous le poids des chevrons et des pannes. Pour obvier à cet inconvénient, on place une contre-fiche *o* (fig. 15, pl. V), assemblée dans le poinçon *p*, et dont la direction doit être perpendiculaire à celle de l'arbalétrier, puisque la plus grande force agit dans ce sens; ou bien on le fortifie par une pièce horizontale *c*, que l'on nomme *faux-entrait*.

Nous avons fait remarquer, au commencement de ce chapitre, que, plus l'angle que les deux arbalétriers forment entre eux est ouvert, plus l'effort que doit supporter le poinçon est considérable; et, qu'au contraire, plus l'angle devient petit, plus la charge diminue : l'on doit en conclure que les contre-fiches sont préférables aux faux-entraits, dans les fermes des combles qui ont beaucoup d'inclinaison, et que ceux-ci valent mieux que les contre-fiches dans les combles qui en ont peu.

On peut retirer de très-grands avantages de l'application des fermes dans toutes les constructions en bois; puisqu'une poutre surmontée de deux arbalétriers et d'un poinçon au milieu peut, en toute sûreté, être chargée de fardeaux dix fois plus lourds que ceux qu'elle supporterait étant seule.

DE LA RÉSISTANCE DES BOIS INCLINÉS.

Il est démontré par l'expérience, qu'une pièce de bois résiste à des charges d'autant plus considérables, que sa position s'approche davantage de la position verticale ou de la ligne à plomb : ainsi, la pièce AB, inclinée suivant la direction

BC (fig. Y, pl. 6), présentera moins de résistance à l'action d'un même poids que dans sa première situation; et, placée de niveau, comme en BD, elle atteindra la moindre résistance qu'elle peut offrir.

Pour trouver la plus grande charge à laquelle la pièce inclinée BC peut résister, on tracera la ligne *pq* perpendiculairement à BC, et, passant par le milieu de la longueur de cette pièce, on mènera *qr* parallèle à la direction de la pièce, et enfin *rs* perpendiculaire à cette même direction. Cette construction terminée, il est clair que, si l'on prend la longueur de la droite *pq* pour représenter la plus grande résistance de la pièce horizontale BD, *pr* sera la mesure de la plus grande résistance à l'action d'une charge verticale de la pièce inclinée BC.

On voit que, si la résistance transversale d'une pièce de charpente, à l'action d'une pression verticale, peut-être, en quelque sorte, accrue par la seule inclinaison de cette pièce, c'est que l'effort de la charge réelle *pr* se décompose en deux autres, l'un *pq*, dirigé perpendiculairement à la pièce, et l'autre *ps*, dirigé suivant la longueur de cette pièce. Le premier effort peut évidemment atteindre celui auquel résisterait la pièce située horizontalement : quant au second effort, on doit le considérer comme de nul effet sur la flexion de la pièce ; parce que, dans les constructions, les dimensions des pièces de charpente sont telles que les charges auxquelles on a coutume de les exposer debout ne peuvent pas les faire fléchir.

Tant que *qr*, qui est égale à *ps*, n'indiquera pas une poussée longitudinale plus grande que la charge de la pièce de charpente posée debout, on opèrera comme il a été enseigné pour trouver la résistance de la pièce inclinée. Dans le cas contraire, il faudrait prendre *ps* égale à la plus grande charge de la pièce debout, et mener *sr* perpendiculaire à BC, jusqu'à la rencontre de la verticale *pr*; alors *pr* indiquerait la plus grande charge verticale de la pièce inclinée à BC, et *sr*, qui est égale à *pq*, exprimerait l'effort transversal auquel la pièce serait soumise.

Ce qui précède montre pourquoi il est indispensable, dans les constructions, de s'opposer au glissement des pièces inclinées, glissement dont la portion d'horizontale *st* indique l'intensité,

Nous venons de comparer la force des pièces de bois relativement à la résistance verticale : on peut avoir besoin de résoudre la même question relativement à la résistance horizontale. Dans ce cas, il est évident que celle-ci, au contraire,

augmentera à mesure que la pièce sera plus inclinée par rapport à la situation horizontale.

Une construction analogue à la précédente servira à résoudre le problème actuel. Soit AB (fig. Z, pl. 6), une pièce de bois inclinée à la direction de la pression horizontale *rp* : on prendra, comme tout-à-l'heure, *pq* égale à la plus grande résistance transversale de la pièce, sur une perpendiculaire élevée à son milieu, et menant *qr* parallèle à la pièce, la ligne *pr* représentera l'expression du plus grand effort horizontal auquel la pièce doit être soumise.

Il est important de considérer si la force qui agit sur une pièce inclinée, dont on veut évaluer la résistance, est appliquée à ses extrémités ou sur sa longueur. Un poteau cornier est dans le premier cas, et un chevron est dans le second. On trouve fréquemment des exemples de ces deux espèces de pressions dans la disposition des pièces de bois qui composent une charpente de comble.

Projet de Pont.

Lorsqu'on veut établir un pont en bois, il faut avoir égard pour la disposition de la charpente : 1° à la profondeur et à la rapidité de la rivière ; 2° à la hauteur des rives ; 3° à la violence des débâcles ; 4° enfin à l'espèce et à la grandeur des bois dont on peut disposer.

Dans une rivière tranquille, peu profonde, et qui n'est sujette ni à de grandes crues ni à de fortes débâcles, on peut multiplier les palées sans beaucoup d'inconvénients. Si l'on doit passer un torrent, il faut n'établir dans son lit que le plus petit nombre possible de points d'appui ; et si l'on peut se procurer de longues pièces de sapin, on fera des travées légères et d'une grande ouverture.

Des Palées.

Les palées sont composées d'une ou plusieurs files de pieux, enfoncés et fixés dans le lit de la rivière, suivant la direction du cours de l'eau. Dans une rivière peu profonde, les pieux peuvent être d'une seule pièce; cependant cette construction présente des inconvénients qu'il faut éviter, c'est que la partie des pieux comprise entre la hauteur des plus basses eaux et le niveau des hautes eaux, se trouvant alternativement exposée à la sécheresse et à l'humidité, se pourrit, et exige le renouvellement des pieux tous les quinze ou vingt ans; aussi est-il préférable d'établir des ponts sur des palées dont les pilots sont recepés et moisés un peu au-dessous des basses eaux et sur lesquels on assemble des po-

teaux pour supporter le plancher du pont. Les bois des palées étant ainsi constamment dans l'eau, sont d'une très-longue durée, et on peut remplacer la partie supérieure sans renouveler les pilots (1).

La figure 4, planche X, représente la disposition des basses palées et la manière d'enter les montants destinés à recevoir le plancher du pont. Les pieux AA, qui forment les basses palées, sont liés entre eux par des moises, et entretenus avec les poteaux B, B, au moyen de longues broches en fer *pp* ; les uns et les autres sont consolidés par de quadruples moises C, C et D, D, assemblées par boulons alternativement horizontaux et verticaux. Les palées du pont Saint-Clair, à Lyon, sont construites à peu près de cette manière.

Lorsque la profondeur de l'eau exige que les basses palées soient doubles, on espace les deux rangs de pieux AA, (fig. 5) à 1 mètre environ, de milieu en milieu ; on les embrasse sur la longueur par des moises D, D, et on pose d'un rang à l'autre des entretoises C, C qui doivent supporter les poteaux : puis, pour en assurer le pied, on les entretient par un troisième cours de moises E boulonnées entre elles et avec les entretoises.

Les bois dont les dimensions sont de 30 à 35 centimètres d'équarrissage, présentent une force plus que suffisante pour résister aux poids du pavé et des fermes.

Pour préserver les palées du choc des glaçons, on établit des brise-glaces (fig. 9 et 10) formés de deux rangs de pilots AB et AC, qui se réunissent au même point E, et qui présentent au courant une pièce de bois DE formant arête inclinée. Quelquefois on se contente d'un seul rang de pilots d'inégales hauteurs, et recouverts d'un chapeau incliné qu'on entaille pour présenter une arête aux glaçons qui viennent le frapper. Dans les rivières qui charrient très-peu, on se dispense de construire des brise-glaces, et l'on se borne à défendre les palées par des contre-fiches portées sur des pieux, ainsi que l'indique la figure 13.

Des Travées et des Arches.

On appelle *travée* l'espace compris entre deux palées, et *arche*, celui qui est compris entre les piles ou palées, et qui est couronné ordinairement, à sa partie supérieure, par une partie courbe ou en voûte.

Lorsque l'ouverture d'une travée ne passe pas 3 à 4 mètres,

(1) Des pieux de 25 et de 32 centimètres de diamètre ne doivent pas être chargés de plus de 25,000 kilogrammes les uns et 50,000 kilogrammes les autres.

on peut établir le plancher sur des poutres portées sur les chapeaux, qui couronnent les palées. Il faut alors donner aux pieux et aux poutres 30 à 32 centimètres d'équarrissage. Si la distance des palées est de 5 à 7 mètres, les pièces de 32 centimètres d'équarrissage ont encore assez de force pour supporter le poids des planchers et celui des voitures; seulement, il est bon, pour en assurer la durée, de les soutenir par des contre-fiches qui se rencontrent au milieu C (fig. 11) de la travée, mais dont l'angle ECD ne soit pas très-obtus : s'il dépassait 120 à 130 degrés, il faudrait placer une sous-poutre H (fig. 12) contre laquelle viendraient s'appuyer les extrémités K et L des deux contre-fiches. Cette construction peut être suivie, tant que la longueur de la pièce H ne dépasse pas le tiers de AB : elle permet de faire la poutre de trois pièces assemblées deux à deux en K et en L, et peut être adoptée toutes les fois que la travée n'a pas plus de 8 à 9 mètres.

Quand l'ouverture des travées est plus considérable, comme de 12 à 16 mètres, on peut encore faire usage des sous-poutres et des contre-fiches; mais alors il faut placer une seconde sous-poutre A (fig. 14 et 22), sur les chapeaux de la palée, et disposer tout le reste de la charpente de la manière indiquée par ces deux figures. On maintient ces contre-fiches par deux moises, et l'on fixe les sous-poutres aux poutres, au moyen de boulons à écrous fortement serrés.

Au-delà de cette largeur de travée, on peut employer un système de ferme semblable à celui qu'on a appliqué à la construction du pont de Schaffouse, et qui est représenté dans la figure 8. Elle se compose d'une poutre *a b*, dont les extrémités reposent sur les deux piles; d'un certain nombre de contre-fiches *c*, *d*, *e*, *f*, etc., qui s'assemblent dans une deuxième poutre *gh*, laquelle se trouve supportée à ses deux extrémités par des montants *ag* et *bh* qui s'appuient sur les piles. Pour maintenir tout le système, on a placé des moises pendantes *ik*, *lm*, *no*, etc., qui, d'après la disposition de la charpente, supportent toute la charge et la reportent sur les piles sans cependant exercer sur elles un effort capable de les renverser; leur poussée étant d'ailleurs retenue par la tension de la poutre *a b*. Il est à remarquer que, si les piles ou palées avaient assez de solidité pour résister à la poussée exercée par les contre-fiches, on pourrait supprimer la poutre inférieure *ab*, et l'on aurait alors la disposition représentée figure 20, qui est celle du pont établi sur la Randel, dans le canton de Berne. La poutre supérieure *cd* s'appuie, dans ce cas, sur les piles qui reçoivent le pied des

contre-fiches qui la soutiennent. Il est facile de voir que la pression supportée par la poutre *cd*, sur laquelle le plancher repose, est reportée sur les contre-fiches dans le sens de leur plus grande résistance, c'est-à-dire, celui de leur longueur.

On peut réunir les contre-fiches d'une travée, et en former deux arbalétriers en les assujettissant entre elles : elles résisteront beaucoup mieux de cette manière que lorsqu'elles sont séparées, et, comme les bois courts ploient plus difficilement que les bois longs, il serait avantageux de substituer un système de trois pièces à deux arbalétriers; et, bien que ces pièces fassent entre elles des angles très-obtus, on gagnera plus par la diminution de leur longueur qu'on ne perdra par l'augmentation des pressions. Enfin, en multipliant le nombre des arbalétriers, on obtiendra encore une augmentation de force; puisque leur longueur deviendra telle, qu'elle ne céderait que sous le poids nécessaire pour écraser les pièces de bois. Le pont de la Mulotière, à Lyon, représenté dans la figure 21, a été exécuté d'après cette disposition.

Cependant nous devons faire remarquer qu'il y a de graves inconvénients à trop multiplier les articulations, parce que les assemblages augmentent le nombre des points de rupture. On fera disparaître en grande partie ces défauts en remplaçant les arbalétriers droits par des pièces courbes, assujetties les unes sur les autres, maintenues par des moises et serrées par des boulons, et en ayant soin d'éviter que les joints des extrémités soient vis-à-vis les uns des autres. Ce système, qui est celui des cintres, est préférable sous le double rapport de l'économie et de la solidité : on devra l'employer toutes les fois que les arches auront une grande ouverture.

Nous terminerons en donnant la description de la construction de quelques ponts, dont la bonne disposition sous le rapport de la charpente, a été constatée par un long usage.

La figure 15 représente une des arches du pont de Tournus, sur la Saône, construit sur des piles en maçonnerie. Il est composé de cinq arches d'environ 27 mètres d'ouverture. Le cintre est un arc de cercle du sixième de la circonférence totale. Les fermes, au nombre de six, sont espacées entre elles de 1m.50 et formées chacune de trois cours de cintre réunis par deux entretoises, et par des moises pendantes espacées de 2 mètres : les intervalles reçoivent un boulon qui traverse et réunit les trois pièces du cintre.

La construction des ponts de Choisy et de Bezons, sur la

Seine, près de Paris, est du même genre que la précédente. à quelques modifications près.

La figure 16 représente un fragment du pont d'une seule arche de 76 mètres d'ouverture, établi sur la rivière de Portsmouth, dans l'Amérique septentrionale. L'arche est composée de trois rangs de cintres parallèles, et chacun de ceux-ci est lui-même formé de trois arcs concentriques ABC, DEF et GHI : les arcs du milieu DEF supportent le tablier du pont; les poutres circulaires ABC, DEF et GHI sont réunies les unes aux autres par des pièces de bois dur *ac*, *ac* (fig. 17) et par des coins *bb*, placés aux points 1, 2, 3, etc. (fig. 16), où l'on a préparé des mortaises pour les recevoir. Ces coins retiennent les tenons *ac*, *ac*, et lient l'arc du milieu AB (fig. 17) ou DEF (fig. 16) aux deux arcs extérieurs, dont l'écrasement est maintenu par les queues d'aronde qui terminent les pièces *ac*, *ac*.

Chacun des arcs ABC, DEF et GHI (fig. 16), est fait de poutres de 4 à 5 mètres de long, réunies par des tenons à queue d'aronde et par des coins. Le plan de contact D de deux poutres A et B (fig. 18 et 19) correspond toujours au milieu d'une autre pièce C; des ouvertures plus larges en dehors qu'en dedans sont creusées à mi-bois dans l'épaisseur des solives ABC, de façon qu'elles forment, par leur rapprochement, des mortaises à double queue d'aronde, dans lesquelles on introduit deux morceaux de bois dur C', C', qui sont serrés et maintenus par le coin *d* (fig. 19).

On pourrait encore donner plus de solidité à ce système de charpente, en reliant les différentes parties entre elles, au moyen de moises en écharpes indiquées par les lignes ponctuées de la figure 16.

Des Planchers et Parapets.

On établit les planchers des ponts de deux manières différentes : 1° au moyen d'un pavé posé sur forme de sable reposant sur des madriers; 2° en formant un faux plancher qui recouvre les madriers et qui empêche les roues des voitures de les user par le frottement.

La figure 24, pl. X, représente la coupe du premier genre : il est composé de pièces de pont *cd* de 20 à 25 centimètres d'équarrissage, faiblement entaillées à la rencontre des sommiers auxquels elles sont fixées par des chevilles en fer. Les intervalles des pièces de pont, qui ont 2 mètres, sont remplis par des madriers *m*, de 10 à 12 centimètres, attachés sur les sommiers par de forts clous, et qui forment un plancher qui reçoit le sable destiné à poser le pavé.

On assujettit les poteaux du parapet en plaçant deux contre-fiches, dont l'une *k* s'assemble sur le prolongement des pièces de pont, en dehors, et l'autre *n* en dedans. Ils sont maintenus, dans le sens de la longueur du pont, par deux cours de lisses horizontales *o* et *p*. On place en dedans, et contre le pied des poteaux du parapet, des pièces *s* appelées *garde-sable*, qui contiennent le sable et le pavé.

La figure 23 représente la coupe transversale d'un pont avec un plancher de doublage : les madriers *bb* sont portés par des solives *aa* un peu plus fortes que les précédentes; elles ont 25 à 30 centimètres d'équarrissage, et sont espacées d'un mètre environ. On pose ces madriers dans le sens de la longueur du pont, et le faux plancher *f* suivant sa largeur.

De la largeur à donner au Pont.

Un pont construit pour une route ordinaire, doit être assez large pour que deux voitures puissent y passer aisément à la fois, ainsi que quelques gens de pied. On doit lui donner 6 à 7 mètres de largeur.

Si le pont est placé dans la campagne et communique seulement à un chemin vicinal, et qu'il ne soit pas très-long, il suffira de lui donner 4 à 5 mètres de largeur (1).

DE LA CHARPENTE DES PORTES D'ÉCLUSES.

Un vantail de porte d'écluse est composé de deux poteaux placés verticalement, et de plusieurs entretoises horizontales (fig. 18, pl. XII). La fatigue supportée par les poteaux est fort peu de chose, parce qu'ils sont appuyés sur toute leur hauteur; et si on les fait plus gros que les entretoises, c'est qu'ils portent tous les assemblages, et qu'ils forment un cadre qui sert à maintenir toutes les pièces de charpente. Les entretoises seules supportent toute la charge, et comme cette charge est d'autant plus forte que ces entretoises sont placées plus bas au-dessous du niveau de l'eau, leurs dimensions devraient être différentes et proportionnées à la charge à laquelle elles doivent résister. Ces dimensions pourraient être déterminées en se rappelant que la poussée de l'eau contre les surfaces verticales est égale au poids d'un prisme d'eau qui aurait pour bases ces surfaces, et pour hauteur la moitié de celle de l'eau.

(1) On trouvera dans la seconde partie du *Manuel des Ponts et Chaussées*, par M. De Gayffier, qui traite spécialement des ponts, un très-grand nombre de renseignements utiles sur la construction des ponts en charpente.

Les entretoises des portes étant ordinairement éloignées de 65 centimètres au moins à 97 centimètres au plus, de milieu en milieu, il résulte qu'à cause des plateaux qui les recouvrent, 32 centimètres de hauteur, dans le premier cas, soutiennent 65 centimètres d'eau, et 97 centimètres dans le second.

On déterminera la charge que soutient chaque entretoise en multipliant leur longueur (l'intervalle de l'une à l'autre) d'abord par la hauteur de l'eau qui est au-dessus du milieu de l'entretoise, puis le tout par 1000 kilogrammes, poids de 1 mètre cube d'eau. Le résultat de ce calcul sera le nombre de kilogrammes que l'entretoise doit soutenir sur toute sa longueur. C'est d'après ce principe que Gauthey a calculé des tables pour régler les dimensions de l'équarrissage des entretoises, et dont nous donnons l'extrait suivant :

Table pour régler l'Equarrissage des Entretoises des Portes d'Ecluses.

Hauteur des portes.	Intervalle d'une entretoise à l'autre.	Nombre des entre-toises.	LARGEUR DES PORTES 1m.62		2m.73		2m.92		3m.90		5m.20	
			LONGUEUR DES ENTRETOISES. 1m.14		1m.73		2m.27		3m.25		4m.55	
mètres.	mètres.		mètres.		mètres.		mètres.		mètres.		mètres.	
1.30	0.65	2	0.05 sur	0.05	0.08 sur	0.08	0.08 sur	0.11	0.11 sur	0.14	0.13 sur	0.19
1.95	0.43	3	0.05	0.08	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.16	0.19
2.60	0.65	3	0.08	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.19	0.19	0.22	0.24
3.90	0.81	4	»		0.13	0.16	0.16	0.19	0.19	0.27	0.30	0.30
5.20	0.76	6	»		0.13	0.19	0.16	0.22	0.24	0.27	0.27	0.35
6.50	0.73	8	»		0.16	0.19	0.16	0.24	0.27	0.27	0.29	0.38
7.80	0.71	10	»		0.16	0.22	0.19	0.24	0.24	0.32	0.35	0.38

Les grosseurs que l'on donne aux entretoises des portes d'écluses sont ordinairement de 24 à 27 centimètres, ce qui est à peu près le double de la force de celles de cette table; cela leur procure plus de durée, mais aussi les rend plus pesantes, ce qui fatigue trop la maçonnerie et les colliers. On devrait donc s'en rapporter aux quantités indiquées dans la table de M. Gauthey, en augmentant de quelque chose pour ne pas se trouver au-dessous de ce qui est nécessaire.

Les châssis des portes doivent avoir au moins 54 millimètres d'épaisseur de plus que les entretoises, et l'on y fait une feuillure pour recouvrir l'about des plateaux qui sont soutenus dans leur longueur par les entretoises, ce qui ajoute encore à la force du châssis.

Les pièces inclinées passées entre les entretoises, et qu'on nomme *bracons*, sont destinées à les soulager et à les maintenir les unes les autres; ils servent aussi à maintenir les traverses du bas, et à diriger la charge contre le poteau du chardonnet.

Dans les grandes portes, il faut avoir soin de placer diagonalement un certain nombre de bracons qui partent de l'angle de la traverse inférieure. Ceux des bracons qui sont au-dessus de cette diagonale, ont pour but le même objet, et doivent être inclinés de la même manière. Quant à ceux qui sont au-dessous, comme ils s'appuient sur la traverse du bas, ils tendent à la faire baisser, et seraient-ils bien chevillés avec les entretoises, que leur inclinaison du côté du chardonnet ne soutiendrait jamais la traverse inférieure; mais on peut leur faire faire cette double fonction en les inclinant en sens contraire, et les fixant à chevilles aux entretoises, comme un assemblage à la croix de Saint-André.

On place quelquefois une bande de fer en diagonale, depuis le collier jusqu'au bas du poteau délardé, au lieu d'incliner les bracons qui sont au-dessous de la diagonale du côté de ce poteau; mais on peut éviter cette bande de fer en disposant les plateaux diagonalement, en les inclinant du côté du plateau délardé, et en les croisant solidement, particulièrement celui de la diagonale, au-dessus du poteau chardonnet et à l'extrémité de la traverse inférieure. Gauthey propose de mettre à cet endroit, à la place d'un plateau, une pièce entaillée vis-à-vis les traverses, qu'il ne faudrait pas entailler elles-mêmes, ou entailler au plus de 3 centimètres, afin de ne pas les affaiblir; cette pièce, assemblée solidement à la traverse inférieure, la lierait avec le poteau et donnerait beaucoup de solidité aux assemblages. La position des plateaux en diagonale, ajoute Gauthey, leur

donne encore de la force pour résister à la poussée; il y a un peu de perte de bois, mais, d'un autre côté, on peut se servir de différentes grandeurs de plateaux, ce qui est d'un assez grand avantage pour n'employer que du bon bois, parce qu'en les coupant on rejette les parties vicieuses.

En général, les portes des écluses sont planes; quelquefois, et surtout dans les grandes écluses de la marine, on les fait courbes. Ces portes sont plus solides que les autres, lorsque les pièces de bois qu'on y emploie sont courbes naturellement, parce que les bois courbes sont beaucoup plus forts, pour résister à la poussée, que les bois droits, surtout lorsqu'ils sont appuyés par les deux extrémités.

La figure 11, pl. XII, représente l'assemblage d'une entretoise avec le poteau busqué d'une porte d'écluse.

CINQUIÈME PARTIE.

SECTION Ire.

Mesurage ou cubature des Bois.

Mesurer un corps, le *cuber*, c'est chercher combien un cube que l'on a pris pour unité, est contenu de fois dans son volume. Les bois que l'on emploie dans les constructions ont presque toujours la forme d'un parallélipipède rectangle; quand ils ne l'ont pas, quand l'un des deux bouts est plus fort que l'autre, on se contente de mesurer les deux dimensions de la poutre ou de la solive vers le milieu de sa longueur, et l'on suppose ensuite que ces deux dimensions moyennes règnent dans toute l'étendue. Il résulte de là que, pour avoir l'étendue occupée par une pièce de bois, il faut mesurer, avec l'unité linéaire dont on se sert habituellement, les trois dimensions du parallélipipède vrai ou supposé, puis faire le produit des trois nombres.

Exemple : Une poutre a 5 mètres de longueur, 25 centimètres d'épaisseur et 44 centimètres de largeur, en appliquant la règle ci-dessus énoncée, on trouve pour le volume de la poutre : $5 \times 0.25 \times 0.44$ ou 0.5500, et ce nombre exprime des mètres cubes, puisqu'on s'est servi du mètre pour évaluer les trois dimensions.

Le mètre cube, considéré comme unité de mesure dans l'évaluation du volume des bois, se nomme *stère;* son dixième est un *décistère;* son centième est un *centistère*, et son millième un *millistère.*

Par conséquent, le volume de la poutre ayant 5 mètres de longueur sur 25 centimètres d'épaisseur et 44 de largeur, est égal à 550 millistères, ou à 55 centistères.

Cubature ancienne.

Dans les forêts, comme sur les chantiers, les bois s'estimaient autrefois à la *pièce ;* on appelait ainsi l'unité de mesure à laquelle, dans beaucoup de localités, on rapportait les volumes des bois de charpente : c'était une solive ayant 12

pieds (2 toises) de longueur sur 6 pouces d'épaisseur et autant de largeur. Son volume géométriquement exprimé, valait 3 pieds cubes de 1728 pouces cubes chacun. Quand les poutres ou les solives qu'on mesurait n'avaient pas les dimensions de celles qui, sous le nom de pièce, servait de base aux évaluations des bois, on en mesurait les trois dimensions en pieds ou en pouces; puis, après avoir multiplié entre eux les trois nombres obtenus, on divisait le produit trouvé par 3 ou par 3 fois 1728 (5184) selon que l'on s'était servi du pied ou du pouce pour évaluer les trois dimensions.

Comme les estimations de ce genre revenaient souvent dans la pratique, les charpentiers, pour leur usage, avaient imaginé la règle suivante : *Estimez en pouces les dimensions d'équarrissage, c'est-à-dire, la largeur et l'épaisseur de la poutre; estimez la longueur de la même poutre en toises; faites le produit de la multiplication des trois nombres, et divisez ce produit par 72 : le quotient trouvé sera égal au nombre des solives contenues dans la poutre.* Quand la longueur de la poutre était donnée en pieds, on divisait le produit des trois nombres par 6 fois 72, ou par 432. Par exemple, pour une solive de 8 pouces sur 7 d'équarrissage et de 15 pieds de longueur, on disait $8 \times 7 = 56$; $56 \times 15 = 840$; 840 divisé par $432 = 1 + 17/18$, ou une pièce 5 pieds 8 pouces, attendu que la pièce se subdivisait en 6 volumes égaux nommés pieds; le pied en 12 pouces, etc.

Autre règle : *Multipliez l'une par l'autre la largeur et l'épaisseur de l'équarrissage exprimées en pouces, et divisez le produit par 72 : chaque toise de long exprimera autant de pièces que le quotient aura eu d'unités.* Ainsi, dans l'exemple ci-dessus $8 \times 7 = 56$ et 56 divisé par $72 = 56/72$ ou 7/9. Par conséquent, chaque toise de long vaut les 7/9 d'une pièce ou solive : ainsi, la pièce ayant 15 pieds ou 15/6 de toise, aura les 15/6 des 7/9, c'est-à-dire les 105/54 ou 35/18 d'une pièce. Cela fait, une pièce et 17/18 ou une pièce, 5 pieds, 8 pouces, comme on l'avait trouvé précédemment.

Dans les ventes, le prix du bois se fixait sur le cent de *pièces* ou *solives*, et ce cent de pièces, qui contenait 300 pieds cubes, se nommait communément *grand-cent*. Le prix du cent de pièces était évidemment une chose de convention, et variait selon la qualité du bois, le temps et les localités.

A Paris et dans plusieurs autres lieux, on débitait les solives sur des longueurs de 6, 9, 12, 15 pieds, et ainsi de suite, en augmentant toujours de trois pieds. Lorsque l'ouvrier les mettait en place, il en résultait souvent pour lui des déchets. C'est pourquoi on comptait une solive de 11

pieds de long pour 12 pieds; mais aussi, si elle n'avait que 10 pieds 1/2, on l'estimait à sa valeur réelle, attendu que, dans ce cas, il n'y avait point de déficit pour lui, puisqu'il avait pu la tailler dans une autre solive de 21 pieds de long.

Dans l'évaluation des dimensions en hauteur et en largeur, on suivait le même principe. Ainsi, 5 pouces sur 6 et 11 lignes étaient comptés pour 5 et 7; et 5 pouces sur 6 1/2, seulement pour 5 sur 6. Cette manière d'évaluer les bois mis en œuvre n'était pas générale : dans quelques endroits on les toisait exactement.

Pour déterminer la quantité de pièces de charpente que l'on peut tirer d'un arbre sur pied, on prend sa circonférence à 2 mètres de terre, au moyen d'un cordeau dont on mesure la longueur; puis on en retranche le 1/5; parce qu'il faut avoir égard aux déchets occasionnés par la suppression de l'écorce et de l'aubier, et que l'on ne compte pour la circonférence du bois utile que les 4/5 restants de la longueur obtenue. On cherche ensuite par les règles de la géométrie, la surface de la section de l'arbre, supposée faite à l'endroit où la circonférence a été mesurée, et on la multiplie par la hauteur de la *pile*, c'est-à-dire par la hauteur de la partie du tronc propre à la charpente.

Si au lieu de chercher, comme par le moyen ci-dessus, le volume d'un bois rond, on veut connaître les dimensions de la plus grande pièce équarrie qu'on pourra retirer d'un arbre, il faut également mesurer sa circonférence à moins d'un 1/5 près, en prendre le 1/4 en négligeant les fractions, et ce nombre sera la valeur de chacune des dimensions cherchées, autrement dit la mesure cherchée de chacun des côtés de la pièce.

L'expérience indique aussi que, pour avoir une poutre équarrie à vive arête, il ne faut prendre que les 23/100 de la circonférence réduite de 1/5, au lieu d'en prendre les 22/100 ou le quart, comme on le fait quand il s'agit d'un équarrissage ordinaire.

On se contente quelquefois, quand les arbres sont vieux, avant de prendre le 1/4 de la circonférence, de n'en retrancher que le 1/6 au lieu du 1/5; mais quand, au contraire, les arbres sont jeunes, et ont peu de circonférence, on en déduit plutôt le quart que le cinquième.

Le diamètre des bois abattus ou en grume se mesure en dedans de l'écorce, et on prend les 2/3 ou les 12/17 de ce diamètre pour le côté du carré.

Tous les moyens que nous indiquons ici pour cuber le bois ne sont pas géométriquement exacts : ce sont ce qu'on

appelle des moyens pratiques; mais ils suffisent pour l'usage ordinaire.

Nous avons en outre placé à la fin de cet ouvrage, celles des tables relatives à la cubature des pièces de bois, dont on se sert le plus dans les constructions. Ces tables sont calculées en pieds et pouces pour l'ancien mesurage, et en mètres et centimètres pour le nouveau, dont nous allons nous occuper.

Cubature nouvelle.

Le mesurage des bois, par le calcul décimal, est infiniment plus simple que celui qu'on exécutait par l'ancienne méthode, où les moyens les plus abrégés nécessitaient plusieurs opérations, tandis que d'après celle qui doit être actuellement en usage dans toutes les parties de la France, le calcul le plus compliqué se réduit à de simples multiplications. Dans ce nouveau système, on est convenu, ainsi que nous l'avons dit plus haut, de prendre le stère, ou mètre cube, pour l'unité de mesure comparative. Le stère est donc un cube d'un mètre de côté : il répond à 9 solives anciennes 725 millièmes, et se subdivise en *décistères*, en *centistères* et en *millistères*.

On est en outre, pendant quelque temps, convenu que le décistère serait appelé nouvelle solive ou solive métrique : cette solive se trouvait ainsi composée de 100 millistères, et équivalait à peu près à l'ancienne mesure du même nom.

Toutes les dimensions des bois peuvent être prises en décimètres, en centimètres et en millimètres; mais, pour éviter les erreurs, il est toujours bon de considérer le mètre comme unité principale.

Soit une pièce de bois de 5 mètres de longueur, sur 32 centimètres de hauteur et 2 décimètres de largeur, la cubature devra être exprimée par $32 \times 2 \times 5$, parce qu'alors le produit 520 ne pouvant exprimer que des mètres cubes ou des stères, ce seront les trois premières décimales qui exprimeront toujours les millistères, et le nombre des solives sera toujours égal au nombre des millistères, après qu'on en aura supprimé les deux derniers chiffres. D'après cela, la pièce de bois dont on vient de s'occuper contiendra 320 millistères, et elle renfermera 3 solives métriques plus 20 centièmes de ladite mesure.

Si la pièce est ronde, on cherchera, comme dans l'ancienne méthode, la surface de la base, mais exprimée comparativement en mètres carrés; on la multipliera par la longueur de la pièce, et le produit sera sa cubature exprimée en mètres cubes.

Us et coutumes.

Indépendamment des us et coutumes dont nous avons parlé à l'article de l'ancienne cubature des bois; il en est d'autres encore qui servent aux toiseurs à déterminer les dimensions des diverses parties qui entrent dans la composition des charpentes. Nous les rapporterons ici tels qu'ils sont le plus généralement adoptés, et modifiés d'après les changements que les nouvelles mesures ont introduits dans la cubature ou le mesurage des bois.

Les ouvrages de charpente sont classés, selon leurs dimensions et leurs qualités :

1° *En bois ordinaire*, jusqu'à 30 centimètres d'équarrissage sur 9 mètres de longueur : ou de *qualités*, s'ils dépassent l'une de ces dimensions;

2° *Bois sans assemblage* ou *avec assemblage;*

3° *Bois entiers* ou *de sciage*, c'est-à-dire, carrés, ou provenant de bois carrés refendus à la scie. Dans ce dernier cas, le bois est classé selon sa plus grande dimension, et l'on distingue s'il est à un ou à deux traits de scie;

4° *Bois bruts* ou *refaits*, c'est-à-dire grossièrement équarris, tels que le commerce les livre, ou à vive arête et blanchis à la besaiguë ou au rabot, sans tenir compte alors du sciage;

5° *Vieux bois*. Les vieux bois qui sont remis en œuvre sont payés à des prix différents, selon qu'ils sont avec ou sans assemblage, et le sciage se compte à part lorsqu'il y a lieu.

Quant à la manière de baser les comptes de charpenterie, voici les sept principales règles établies par l'usage :

1° Les prix des bois pour étaiement, lorsqu'ils sont loués à l'entrepreneur, ne comprennent que le déchet, la pose, la dépose et le transport. Si ces bois étaient seulement déposés et reposés sans recoupe, cette main-d'œuvre serait évaluée en journées;

2° Tous les bois sont mesurés aux dimensions réelles qu'ils ont en œuvre, prises jusqu'aux centimètres seulement, en négligeant 4 millimètres et comptant 5 millimètres pour 1 centimètre;

3° L'équarrissage se prend au milieu de la pièce;

4° Aux longueurs sont ajoutés : les scellements dans les murs pour ce qu'ils sont; les tenons à raison de 81 millimètres pour les bois ordinaires, 10 centimètres pour ceux de qualité, et les embrèvements des marches à raison de 50 centimètres;

5° Les bois cintrés, élégis ou délardés, sont mesurés d'après la pièce supposée droite d'où ils auraient été tirés, à moins qu'on ait fait évidemment, à la scie, une levée telle que le bois enlevé eût une valeur plus forte que les frais de sciage, comme cela a lieu dans les semelles traînantes, etc. Le cube alors est réduit, mais le sciage est compté ;

6° Aucune cale, cheville, etc., indispensable à l'ouvrage, n'est comptée à part ;

7° Les tenons, les mortaises, les fouillures, les entailles indispensables, dans les bois neufs, font partie du prix ; mais ces mêmes ouvrages, en raccordement dans les vieux bois, sont payés séparément.

SECTION II.

Comparaison des Mesures anciennes et Mesures métriques.

La toise de Paris était de 6 pieds de roi, ou 72 pouces, ou 864 lignes, ou enfin de 10368 points.

Le pied de roi était de 12 pouces, ou 144 lignes, ou enfin 1728 points.

Le pouce était de 12 lignes, ou 144 points.

La ligne était de 12 points.

La toise carrée (1) était de 6 pieds de long sur 6 pieds de haut, nombres qui, multipliés l'un par l'autre donnent 36 pieds carrés.

Le pied carré était de 12 pouces de long sur 12 pouces de haut ; ce qui donnait 144 pouces carrés.

Le pouce carré était de 12 lignes de long sur 12 lignes de haut, ce qui donnait 144 lignes carrées.

La ligne carrée était de 12 points de long sur 12 points de haut, ce qui donnait 144 points.

La toise cube (2) était de 6 pieds de long, 6 de haut et 6 de large ; ce qui donnait 216 pieds cubes pour la toise cube.

Le pied cube était de 12 pouces de long, 12 de haut et 12 de large ; ce qui donnait 1728 pouces cubes pour le pied cube.

Le pouce cube était de 12 lignes de long, 12 de haut et

(1) On entend par carré un nombre multiplié par lui-même.

(2) On entend par cube le produit d'un nombre carré multiplié par le premier nombre ; *exemple :* la toise vaut 6 pieds ; pour avoir une toise carrée, il faut multiplier 6 par 6, ce qui donne 36 pieds, et pour avoir la toise cube, il faut multiplier le carré par 6, ce qui donne 216 pieds ou une toise cube.

12 de large; ce qui donnait 1728 lignes cubes pour le pouce cube.

La ligne cube était de 12 points de long, 12 de haut et 12 de large; ce qui donnait 1728 points pour la ligne cube.

Nouvelles mesures linéaires comparées aux anciennes.

Le mètre vaut 513074 millionièmes de la toise de Paris.
Le mètre vaut 3 pieds 078444 millionièmes de pied.
Le mètre vaut 36 pouces 941,328 millionièmes de pouce.
Le mètre vaut 443 lignes 295,936 millionièmes de ligne.
Le mètre vaut enfin, 3 pieds 11 lignes 296,936 millionièmes de ligne.
La toise vaut 1 mètre 949,036 millionièmes de mètre.
Le pied vaut 3 décimètres 24,839 cent-millièmes de décimètre.
Le pouce vaut 2 centimètres 708 millièmes de centimètre.
La ligne vaut 2 millimètres 2,558 dix-millièmes de millimètre.
Le décimètre vaut 30,784 cent-millièmes de pied.
Le centimètre vaut 36,161 cent-millièmes de pouce.
Le millimètre vaut 443,296 millionièmes de ligne.

Conversion des mesures linéaires anciennes en nouvelles, et opération inverse.

Pour convertir les toises de Paris en mètres, multipliez les toises à convertir par le nombre 1.949036.

Pour convertir les mètres en toises, multipliez les mètres par 0.513074.

Pour convertir les pieds en mètres, multipliez les pieds par 0.424839.

Pour convertir les mètres en pieds, multipliez les mètres par 3.078444.

Pour convertir les pieds en décimètres, multipliez les pieds par 3.24839.

Pour convertir les décimètres en pieds, multipliez les décimètres par 0.3078444.

Pour convertir les pouces en centimètres, multipliez les pouces par 2.708.

Pour convertir les centimètres en pouces, multipliez les centimètres par 0.36941.

Pour convertir les lignes en millimètres, multipliez les lignes par 2.2558.

Pour convertir les millimètres en lignes, multipliez les millimètres par 0.443296.

MESURES DE SURFACES.

La toise carrée de Paris vaut 3 mètres carrés 79874 cent-millièmes de mètre carré.

Le pied carré de Paris vaut 10 centimètres carrés 55204 cent-millièmes de décimètre carré.

Le pouce carré de Paris vaut 7 centimètres carrés 32782 cent-millièmes de centimètre carré.

La ligne carrée de Paris vaut 5 millimètres carrés 0885 dix-millièmes de millimètre carré.

Le mètre carré vaut 26324 cent-millièmes de toise carrée de Paris, ou le mètre carré vaut 9 pieds carrés 68 pouces carrés 95 lignes carrées.

Le décimètre carré vaut 94768 millionièmes de pied carré.

Le centimètre carré vaut 136466 millionièmes de pouce carré.

Le millimètre carré vaut 196511 millionièmes de ligne carrée.

Conversion des Mesures carrées anciennes en nouvelles, et opération inverse.

Pour convertir les toises carrées de Paris en mètres carrés, multipliez les toises carrées à convertir par le nombre 3.79874, le produit sera le nombre demandé.

Pour convertir les mètres carrés en toises carrées de Paris, multipliez les mètres carrés par 0.26324.

Pour convertir les pieds carrés de Paris en décimètres carrés, multipliez les pieds carrés par 10.55204.

Pour convertir les décimètres carrés en pieds carrés de Paris, multipliez les décimètres carrés par 0.094768.

Pour convertir les pouces carrés de Paris en centimètres carrés, multipliez les pouces carrés par 7.32782.

Pour convertir les centimètres carrés en pouces carrés de Paris, multipliez les centimètres carrés par 0.136466.

Pour convertir les lignes carrées en millimètres carrés, multipliez les lignes carrées par 5.088634.

Pour convertir les millimètres carrés en lignes carrées, multipliez les millimètres carrés par 0.196511.

MESURES DE SOLIDITÉ.

La toise cube de Paris vaut 7 mètres cubes 403883 millioniièmes de mètre cube.

Un pied cube vaut 34 décimètres cubes 27714 cent-millièmes de décimètre cube.

Le pouce cube vaut 19 centimètres cubes 8365 dix-millièmes de centimètre cube.

La ligne cube vaut 11 millimètres cubes 479 millièmes de millimètre cube.

Le mètre cube vaut 1350642 dix-millioniêmes de toise cube de Paris, ou le mètre cube vaut 29 pieds cubes 1739 millièmes de pied cube.

Le décimètre cube vaut 291739 dix-millionièmes de pied cube.

Le centimètre cube vaut 9 pouces cubes 050412 millioniêmes de pouce cube.

Le millimètre cube vaut 8711 cent-millièmes de ligne cube.

Conversion des Mesures cubiques anciennes en nouvelles, et opération inverse.

Pour convertir les toises cubes en mètres cubes, multipliez les toises cubes à convertir par le nombre 7.493883 : le produit sera le nombre demandé.

Pour convertir les mètres cubes en toises cubes, multipliez les mètres cubes par 0.135064.

Pour convertir les pieds cubes en décimètres cubes, multipliez les pieds cubes par 34.27714.

Pour convertir les décimètres cubes en pieds cubes, multipliez les décimètres cubes par 9.029174.

Pour convertir les pouces cubes en centimètres cubes, multipliez les pouces cubes par 19.8365.

Pour convertir les centimètres en pouces cubes, multipliez les centimètres cubes par 0.050412.

Pour convertir les lignes cubes en millimètres cubes, multipliez les lignes cubes par 11.479.

Pour convertir les milimètres cubes en lignes cubes, multipliez les millimètres cubes à convertir par le nombre 0.08711.

POIDS.

Le kilogramme vaut 2 livres poids de marc 04288 cent-millièmes de cette livre.

La livre poids de marc vaut 48951 cent-millièmes de kilogramme.

Pour convertir les livres poids de marc en kilogrammes, multipliez les livres poids de marc à convertir par le nombre 0,4895 : le produit sera le nombre cherché.

Pour convertir les kilogrammes en livres poids de marc, multipliez les kilogrammes par 2.04288.

SECTION III.

Tables diverses.

1re TABLE

Pour la conversion des pièces, ou anciennes solives, en décistères ou solives nouvelles.

solives.	décistères.	solives.	décistères.	pouces.	décistères.
1 =	1.028	90 =	92.599	7 =	1.100
2	2.057	100	102.832	8	0.114
3	3.085	200	205.664	9	0.129
4	4.113	300	308.495	10	0.143
5	5.142	pieds (1).		11	0.157
6	6.170	1	0.171	lignes.	
7	7.198	2	0.343	1	0.001
8	8.227	3	0.514	2	0.002
9	9.255	4	0.685	3	0.004
10	10.283	5	0.857	4	0.005
20	20.566	pouces.		5	0.006
30	30.850	1	0.014	6	0.007
40	41.133	2	0.029	7	0.008
50	51.416	3	0.043	8	0.010
60	61.699	4	0.057	9	0.011
70	71.982	5	0.071	10	0.012
80	82.265	6	0.086	11	0.013

Les décimales qui se trouvent dans la table ci-dessus, sont des millièmes du décistère ou des dix-millièmes du mètre cube.

Pour convertir les décistères en mètres cubes, il faut avancer le point décimal ou la virgule d'un chiffre vers la gauche, attendu que 10 décistères font un mètre cube : ainsi dix solives répondant à 10 décistères 283 millimètres, valent en mètres cubes 1.028.

(1) Les pieds dont il s'agit ici ne sont pas des pieds cubes, mais bien des sixièmes de solive. Les pouces et les lignes dont il est parlé plus bas, sont de même des pouces et des lignes de charpente, c'est-à-dire que le pouce est le douzième du pied de charpente, et que la ligne est le douzième de ce pied.

2e TABLE

Pour la conversion des décistères, ou solives nouvelles, en anciennes pièces ou solives.

décistères.	solives.	décistères.	solives.	décistères.	solives.
1 =	0.972	8 =	7.780	60 =	58.348
2	1.745	9	8.752	70	68.072
3	2.517	10	9.725	80	77.797
4	3.890	20	19.449	90	87.522
5	4.862	30	29.174	100	97.246
6	5.835	40	38.898	300	291.739
7	6.807	50	48.623	500	486.231

Les décimales du tableau ci-dessus sont des millièmes de l'ancienne solive ou pièce : en les multipliant par 6, et retranchant sur la droite les 3 derniers chiffres du produit, on a des pieds de solive. Pour obtenir les pouces, il faut ensuite multiplier les décimales retranchées par 12, et séparer encore sur la droite les trois derniers chiffres. Enfin, pour avoir les lignes, il faut toujours multiplier par 12 les 3 décimales retranchées, et en retrancher trois sur la droite du produit.

Exemple : 300 décistères = 291 solives 739 millièmes, 739 × 6 = 4434 : ôtant les 3 derniers chiffres, on trouve 4 pieds. Les décimales séparées, c'est-à-dire 434 × 12 donnent 5208 : ôtant les 3 derniers chiffres, on trouve 5 pouces. Les décimales séparées, c'est-à-dire 208 × 12 donnent 2496 : ôtant les trois derniers chiffres, on trouve 2 lignes 496 millièmes de ligne.

La même table peut également servir à faire connaître combien le mètre cube de bois carré contient d'anciennes solives : il suffit, à cet effet, de reculer le point décimal ou la virgule d'un chiffre : ainsi, 10 décistères valent 9.725, répondant à 97 solives 80 centièmes.

3e TABLE

Indiquant les plus forts équarrissages qu'on peut tirer des bois ronds.

CIRCONFÉRENCE sur		CARRÉ	CARRÉ
1 pouce d'écorce.	1/2 pouce d'écorce.	parfait.	long.
pouces.	pouces.	pouces.	pouces.
24	28	4	3 sur 5
29	32	5	4 6
33	36	6	5 7
37	41	7	6 8
42	44	8	7 9
46	49	9	8 10
50	54	10	8 12
55	58	11	9 13
60	63	12	10 14
64	67	13	11 15
68	72	14	12 16
72	75	15	13 17
77	80	16	13 19
82	85	17	14 20
87	89	18	15 21
91	93	19	16 22
94	98	20	17 23
100	102	21	18 24

4e TABLE

Pour la cubature des bois ronds.

CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.
	mètres.		mètres.		mètres.		mètres.
28	0.00623	56	0.02494	84	0.0561	112	0.0997
29	0.0067	57	0.0258	85	0.0574	113	0.1015
30	0.00715	58	0.02675	86	0.0588	114	0.1033
31	0.0076	59	0.0277	87	0.0602	115	0.1051
32	0.0081	60	0.02863	88	0.0616	116	0.1070
33	0.0086	61	0.0296	89	0.0629	117	0.1088
34	0.0091	62	0.03057	90	0.0644	118	0.1107
35	0.0097	63	0.0316	91	0.0658	119	0.1126
36	0.0103	64	0.03257	92	0.0673	120	0.1145
37	0.0109	65	0.0336	93	0.0687	121	0.1164
38	0.0114	66	0.0346	94	0.0702	122	0.1183
39	0.0121	67	0.0356	95	0.0717	123	0.1203
40	0.0127	68	0.0367	96	0.0732	124	0.1222
41	0.0134	69	0.0378	97	0.0748	125	0.1242
42	0.0140	70	0.0389	98	0.0763	126	0.1260
43	0.0147	71	0.0400	99	0.0779	127	0.1282
44	0.0154	72	0.0412	100	0.0795	128	0.1303
45	0.0161	73	0.0423	101	0.0811	129	0.1323
46	0.0168	74	0.0435	102	0.0827	130	0.1344
47	0.0175	75	0.0447	103	0.0843	131	0.1365
48	0.0183	76	0.0459	104	0.0860	132	0.1386
49	0.0191	77	0.0471	105	0.0876	133	0.1406
50	0.0168	78	0.0483	106	0.0893	134	0.1428
51	0.0207	79	0.0496	107	0.0910	135	0.1449
52	0.02150	80	0.0509	108	0.0927	136	0.1471
53	0.0223	81	0.0521	109	0.0945	137	0.1492
54	0.02319	82	0.0534	110	0.0962	138	0.1512
55	0.0240	83	0.0547	111	0.0979	139	0.1536

CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.	CIRCONFÉRENCE en centimètres.	SURFACE du cercle.
	mètres.		mètres.		mètres.		mètres.
140	0.1558	168	0.2244	196	0.3057	224	0.3991
141	0.1581	169	0.2271	197	0.3087	225	0.4027
142	0.1603	170	0.2298	198	0.3119	226	0.4062
143	0.1626	171	0.2325	199	0.3150	227	0.4099
144	0.1649	172	0.2352	200	0.3182	228	0.4135
145	0.1672	173	0.2380	201	0.3214	229	0.4171
146	0.1695	174	0.2408	202	0.3246	230	0.4208
147	0.1718	175	0.2436	203	0.3278	231	0.4245
148	0.1742	176	0.2464	204	0.3310	232	0.4281
149	0.1765	177	0.2492	205	0.3343	233	0.4318
150	0.1789	178	0.2520	206	0.3375	234	0.4356
151	0.1813	179	0.2548	207	0.3408	235	0.4393
152	0.1837	180	0.2577	208	0.3441	236	0.4430
153	0.1862	181	0.2605	209	0.3475	237	0.4468
154	0.1886	182	0.2634	210	0.3508	238	0.4506
155	0.1910	183	0.2665	211	0.3541	239	0.4544
156	0.1935	184	0.2692	212	0.3575	240	0.4582
157	0.1960	185	0.2722	213	0.3609	241	0.4620
158	0.1985	186	0.2751	214	0.3643	242	0.4658
159	0.2010	187	0.2782	215	0.3677	243	0.4697
160	0.2036	188	0.2811	216	0.3711	244	0.4736
161	0 2061	189	0.2842	217	0.3746	245	0.4775
162	0.2087	190	0.2871	218	0.3781	246	0.4814
163	0.2110	191	0.2901	219	0.3815	247	0.4853
164	0.2139	192	0.2932	220	0.3850	248	0.4892
165	0.2165	193	0.2963	221	0.3885	249	0.4932
166	0.2191	194	0.2994	222	0.3920	250	0.4972
167	0.2218	195	0.3025	223	0.3956		

Cette table donne les surfaces des cercles depuis 28 centimètres de circonférence jusqu'à 2m.50. Pour trouver la solidité ou le volume d'un arbre dont la longueur est donnée, il suffira de multiplier, par la longueur de l'arbre, la quantité trouvée dans la colonne intitulée *surface du cercle*, et correspondant à la circonférence mesurée : le résultat de cette multiplication donnera le volume cherché. Exemple : on demande la solidité d'un arbre dont la circonférence moyenne est de 1m.30 ou 130 centimètres, et la longueur de 6 mètres? — Cherchant dans la colonne *circonférence en centimètres* le nombre 130, on trouve dans la colonne voisine, vers la droite, et vis-à-vis de ce nombre, que la surface du cercle qui a 130 centimètres de circonférence est égale à 0m.c.1344; multipliant cette quantité par 6 mètres, on aura pour résultat 0m.8064 cubes, ou 806 décistères 4/10 pour le volume ou cube demandé.

Nos d'ordre.	JOURNÉES.	PRIX — Elémentaire.	PRIX — De l'heure.	PRIX — Avec bénéfice.	PRIX — A mettre au bordereau des prix.
1	La journée du charpentier, de 10 heures de travail, se paie.	5 f. 10	0 f. 51	5 f. 68	5 f. 70
2	Id. de deux scieurs de long.	8 20	0 82	9 00	9 00

MATÉRIAUX (rendus au bâtiment).

Nos d'ordre.	Nom.	Pays.	Qualification.	DIMENSIONS — Equarrissage.	DIMENSIONS — Longueur.	Mode de vente.	Le stère.	PRIX — Avec bénéfice.	PRIX — A mettre au bordereau des prix.
3	Chêne. .	Champagne ou Vosges.	Ordinaire.	0m.13 à 0m.30	Jusqu'à 9m.00	Au stère.	95 f. 45	105 00	105 00
				0 13 0 30	plus de 9m.00				
4	Chêne. .		De qualité	0 31 et plus.	de toutes longueurs		110 00	120 00	120 00

5e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume, cubé au quart.

Au QUART.	Au 10e RÉDUIT	Au 9e RÉDUIT.	Au 6e RÉDUIT.	Au 5e RÉDUIT.
francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
à 1 »	1 2346	1 26563	1 44	1 5625
1 50	1 85	1 90	2 16	2 34
2 »	2 47	2 53	2 88	3 13
2 50	3 09	3 16	3 60	3 91
3 »	3 70	3 80	4 32	4 69
3 50	4 32	4 43	5 04	5 47
4 »	4 94	5 06	5 76	6 25
4 50	5 56	5 70	6 48	7 03
5 »	6 17	6 33	7 20	7 81
5 50	6 79	6 96	7 92	8 59
6 »	7 41	7 59	8 64	9 38
6 50	8 02	8 23	9 36	10 16
7 »	8 64	8 86	10 08	10 94
7 50	9 26	9 49	10 80	11 72
8 »	9 88	10 13	11 52	12 50
8 50	10 49	10 76	12 24	13 28
9 »	11 11	11 39	12 96	14 06
9 50	11 73	12 02	13 68	14 84
10 »	12 35	12 66	14 40	15 63
10 50	12 96	13 29	15 12	16 41
11 »	13 58	13 92	15 84	17 19
11 50	14 20	14 55	16 56	17 97
12 »	14 81	15 19	17 28	18 75

La table qui précède indique à quel prix on peut vendre ou acheter les bois en grume, au décistère ou à la pièce de bois carrée, d'après le prix indiqué dans la première colonne, comme étant celui du décistère dont le cubage a été fait au quart.

Le bois en grume est dit *cubé au quart* quand son volume

s'obtient en multipliant sa longueur par le carré du quart de sa circonférence mesurée au milieu de l'arbre.

On dit au contraire qu'il est *cubé au* 10e, *au* 9e, etc., *réduit*, quand on multiplie sa longueur par le carré du quart de la même circonférence diminuée, ou de $^1/_{10}$, ou de $^1/_9$, etc.

Pour trouver, au moyen de cette table, ce qu'un décistère mesuré au 10e réduit vaut, lorsque le décistère mesuré au quart vaut 5 francs, cherchez 5 francs dans la première colonne, et le nombre 6.17, qui se trouve en regard dans la colonne *au* 10e *réduit*, vous apprendra qu'à 5 fr. le décistère provenant du cubage au quart, le même volume provenant du cubage au 10e réduit doit être payé 6 fr. 17. Au 9e réduit, il vaudra 6 fr. 33, au 6e, 7 fr. 20, et au 5e, 7 fr. 81.

Lorsque vous ne trouverez pas le prix du décistère mesuré au quart parmi les nombres de la première colonne, vous multiplierez le premier nombre qui commence la colonne où doit se trouver le résultat que l'on cherche, par le prix connu du décistère mesuré au quart.

Exemple : Pour avoir le prix du décistère au 10e réduit, qui correspond à 3 fr. 75, faites la multiplication suivante, et vous trouverez 4 fr. 63.

```
 1.2346
   3.75
-------
  61730
 86422
37038
-------
4.629750
```

La construction de cette table et des tables suivantes est très-facile à comprendre : en effet, quand on cube au 10e réduit, au lieu de cuber au quart plein, on ne compte que 81, pour carré, au lieu de compter 100. Ainsi 81 mesures au 10e réduit, en valent 100 au quart plein : donc, tous les prix au 10e réduit, doivent être augmentés dans le rapport de 100 à 81. Ainsi, 1 franc étant le prix du décistère mesuré au quart, le même décistère, mesuré au 10e réduit, doit valoir $^{100}/_{81}$ franc ou 1 fr. 2346.

Le premier nombre de chacune des trois autres colonnes a été trouvé par des considérations analogues. Quant aux autres nombres, ils se déduisent aisément des premiers,

6e TABLE (1)

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 10e réduit.

Au 10e RÉDUIT		Au 9e RÉDUIT.		Au 6e RÉDUIT.		Au 5e RÉDUIT.		Au QUART.	
francs.		francs.		francs.		francs.		francs.	
à 1	»	1	0252	1	1664	1	26563	0	81
1	50	1	54	1	75	1	90	1	22
2	»	2	05	2	33	2	53	1	62
2	50	2	56	2	92	3	16	2	03
3	»	3	08	3	50	3	80	2	43
3	50	3	59	4	08	4	43	2	84
4	»	4	10	4	67	5	06	3	24
4	50	4	61	5	25	5	70	3	65
5	»	5	13	5	83	6	33	4	05
5	50	5	64	6	42	6	96	4	46
6	»	6	15	7	»	7	59	4	86
6	50	6	66	7	58	8	23	5	27
7	»	7	18	8	16	8	86	5	67
7	50	7	69	8	75	9	49	6	08
8	»	8	20	9	33	10	13	6	48
8	50	8	71	9	91	10	76	6	89
9	»	9	23	10	50	11	39	7	29
9	50	9	74	11	08	12	02	7	70
10	»	10	25	11	66	12	66	8	10
10	50	10	76	12	25	13	29	8	51
11	»	11	28	12	83	13	92	8	01
11	50	11	79	13	41	14	55	9	32
12	»	12	30	14	»	15	19	9	72

(1) L'usage de cette table et des suivantes ne saurait offrir aucune difficulté aux personnes qui savent se servir de la précédente.

7e TABLE

indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 9e réduit.

Au 9e RÉDUIT.	Au 6e RÉDUIT.	Au 5e RÉDUIT.	Au QUART.	Au 10e RÉDUIT.
à 1 fr. »	1 f. 1378	1 f. 23457	0 f. 79	0 f. 97546
1 50	1 71	1 85	1 19	1 46
2 »	2 28	2 47	1 58	1 95
2 50	2 84	3 09	1 98	2 44
3 »	3 41	3 70	2 37	2 93
3 50	3 98	4 32	2 77	3 41
4 »	4 55	4 94	3 16	3 90
4 50	5 12	5 56	3 56	4 39
5 »	5 69	6 17	3 95	4 88
5 50	6 26	6 79	4 35	5 37
6 »	6 83	7 41	4 74	5 85
6 50	7 40	8 02	5 14	6 34
7 »	7 96	8 64	5 53	6 83
7 50	8 53	9 26	5 93	7 32
8 »	9 10	9 88	6 32	7 80
8 50	9 67	10 49	6 72	8 29
9 »	10 24	11 11	7 11	8 78
9 50	10 81	11 73	7 51	9 27
10 »	11 38	12 35	7 90	9 75
10 50	11 95	12 96	8 30	10 24
11 »	12 52	13 58	8 69	10 73
11 50	13 08	14 20	9 09	11 22
12 »	13 65	14 81	9 48	11 71

8e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 6e réduit.

Au 6e RÉDUIT.	Au 5e RÉDUIT.	Au QUART.	Au 10e RÉDUIT.	Au 9e RÉDUIT.
à 1 fr. »	1 f. 0851	0 f. 69444	0 f. 8573	0 f. 87891
1 50	1 63	1 04	1 29	1 32
2 »	2 17	1 39	1 71	1 76
2 50	2 71	1 74	2 14	2 20
3 »	3 26	2 08	2 57	2 64
3 50	3 80	2 43	3 »	3 08
4 »	4 34	2 78	3 43	3 52
4 50	4 88	3 13	3 86	3 96
5 »	5 43	3 47	4 29	4 39
5 50	5 97	3 82	4 72	4 83
6 »	6 51	4 17	5 14	5 27
6 50	7 05	4 51	5 57	5 71
7 »	7 60	4 86	6 »	6 15
7 50	8 14	5 21	6 43	6 59
8 »	8 68	5 56	6 86	7 03
8 50	9 22	5 90	7 29	7 37
9 »	9 77	6 25	7 72	7 91
9 50	10 31	6 60	8 14	8 35
10 »	10 85	6 94	8 57	8 79
10 50	11 39	7 29	9 »	9 23
11 »	11 94	7 64	9 43	9 67
11 50	12 48	7 99	0 86	10 11
12 »	13 02	8 33	10 29	10 55

9e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 5e réduit.

Au 5e RÉDUIT.	Au QUART.	Au 10e RÉDUIT.	Au 9e RÉDUIT.	Au 6e RÉDUIT.
à 1 fr. »	0 f. 64	0 f. 79	0 f. 81	0 f. 9216
1 50	0 96	1 19	1 22	1 38
2 »	1 28	1 58	1 62	1 84
2 50	1 60	1 98	2 03	2 30
3 »	1 92	2 37	2 43	2 76
3 50	2 24	2 77	2 84	3 23
4 »	2 56	3 16	3 24	3 69
4 50	2 88	3 56	3 65	4 15
5 »	3 20	3 95	4 05	4 61
5 50	3 52	4 35	4 46	5 07
6 »	3 84	4 74	4 86	5 53
6 50	4 16	5 14	5 27	5 99
7 »	4 48	5 53	5 67	6 45
7 50	4 80	5 93	6 08	6 91
8 »	5 12	6 32	6 48	7 37
8 50	5 41	6 72	6 89	7 83
9 »	5 76	7 11	7 29	8 29
9 50	6 08	7 51	7 70	8 76
10 »	6 40	7 90	8 10	9 22
10 50	6 72	8 30	8 51	9 68
11 »	7 04	8 69	8 91	10 14
11 50	7 36	9 09	9 32	10 60
12 »	7 68	9 48	9 72	11 06

SECTION IV.

Remarques sur le mode de livraison du commerce.

Les marchands de bois, d'après l'usage, livrent leurs bois au charpentier en mesurant le pouce *plein* sur l'équarrissage, c'est-à-dire, en négligeant les fractions de pouce au bénéfice de l'acheteur. Comme l'on mesure les dimensions réelles des bois en œuvre, il s'ensuit que l'on pourrait compter au charpentier, jusqu'à près de 0.03 qu'il n'aurait pas payés au marchand. Il faut donc évaluer cet avantage, pour y avoir égard, dans la détermination du cube des bois qui entrent dans l'analyse; or,

Le plus petit équarrissage des bois livrés est de 0m.108 qui peuvent être portés à 0m.676.
D'après le mode de livraison, *équarrissage moyen en œuvre*. 0 121
Le plus grand équarrissage est ordinairement 0 650 qui peuvent être portés à 0m.676.
Equarrissage moyen en carré. 0 663
Les surfaces livrées étant de 0m.0116 à. . . . . 0 4225 dont la moyenne est 0m.2170.
Les surfaces mesurées en œuvre sont de 0m.0146 à. . . . . 0 4395 dont la moyenne est 0m.2270.

L'avantage de l'entrepreneur est donc de 10 sur 217 ou de 1/22 environ.

Il convient donc de ne porter dans l'analyse du prix de chaque mètre cube de charpente en œuvre, au lieu d'un mètre cube de bois brut, que la quantité de bois qui, augmentée de 1/22, donne ce mètre cube, et cette quantité est égale au 22/23 d'un mètre cube ou à 957 décimètres cubes.

Déchet.

Le déchet est causé : 1° par les fausses mesures sur la longueur des arbres; 2° par les fausses coupes dans la mise en œuvre; 3° par le trait de scie; 4° par le retrait de grosseur que produit le dessèchement dans le chantier. Ce retrait est évalué en masse pour chaque espèce d'ouvrage; mais, comme 4 pièces sur 100 sont passées par le marchand, aux entrepreneurs, pour couvrir une partie des déchets, les nombres réels qui les expriment, ont été diminués de 4/100.

Faux-frais.

Main-d'œuvre.	Pour un atelier moyen de 10 charpentiers, travaillant 220 jours dans l'année.	Dépense totale 12,000 fr.
Faux-frais.	1° Pour location du chantier ou hangar, patente et contributions. 2° Fourniture et entretien des équipages, comme chèvres, etc. 3° Temps perdu au déchargement, au rangement sur tasseaux, au chargement après la taille et au déchargement au bâtiment.	Evalués à 1,200 fr.

Les faux-frais égalent donc à peu près 1/12e de la main-d'œuvre.

(*Voyez le tableau ci-contre.*)

DÉ… DIV…	DÉCHET.	…PS …EURS …ge.	BÉNÉFICE.	TOTAL. fr.	TOTAL. c.	A METTRE au BORDEREAU. fr.	A METTRE au BORDEREAU. c.
	1/20		1/10	101	29	101	30
Bois	1/20		Id.	117	27	117	30
	1/20		Id.	111	62	111	60
	1/20		Id.	135	35	135	35
Scia	»	c.	Id.	4	27	4	25
	3/200		Id.	117	73	117	75
	1/10		Id.	126	40	126	40
Bois	8/100		Id.	127	12	127	10
	6/100		Id.	143	60	143	60
	8/100	c.	Id.	159	98	160	»
Vie	»		»	65	»	65	»
Eta	3/100 (3)		1/10	18	20	18	20
	4/100		Id.	31	02	31	»
Dé	»		Id.	6	93	6	95
	»		Id.	12	30	12	30
	»		Id.	23	30	23	30
Ouv fou pri go	»		Id.	0	30	0	30
	»		Id.	0	10	0	10
	»		Id.	0	30	0	30
	»		Id.	0	60	0	60
	»		Id.	1	» (5)	1	»

(4) Ce prix … une certaine importance; car, pour les ca… e l'ouvrier.
(5) Ce prix …

SIXIÈME PARTIE.

NOMENCLATURE ET DESCRIPTION DES OUTILS, INSTRUMENTS ET MACHINES DONT SE SERVENT LES CHARPENTIERS.

SECTION Ire.

Outils et instruments.

Amorçoir, fig. 24. Espèce de trépan à vis aciérée, dont on se sert pour préparer ou *amorcer* les trous que l'on veut percer. Les charpentiers n'en font guère usage : ils préfèrent l'*ébauchoir;* mais les charrons l'emploient fréquemment pour percer les ridelles des voitures.

Bec-d'âne. Espèce de ciseau en forme de burin, mais moins large et plus épais, ayant un biseau et formant coin, à peu près comme l'extrémité de la besaiguë, fig. 35. Il sert à refouiller le fond des mortaises qui ne traversent pas le bois de part en part. Mais il est moins employé par les charpentiers que par les menuisiers, qui ne se servent pas d'autre outil pour mortaiser.

Besaiguë, fig. 24. Outil en fer servant à dresser et à *préparer* les bois ébauchés à la cognée. On s'en sert également pour faire les tenons et les mortaises des grosses pièces. L'une de ses extrémités *a*, qu'on nomme *planche* ou *panne*, est disposée comme un ciseau ordinaire à un tranchant, mais de plus il est affûté sur les côtés jusqu'à la hauteur de 12 à 15 centimètres : l'autre extrémité *b* a la forme d'un *bec-d'âne*. Dans le milieu est une douille *c*, dont l'ouvrier se sert pour tenir l'instrument et le manœuvrer : la longueur totale de cet outil est ordinairement de 1m.30. La besaiguë dite à *gouge*, comme le ciseau, fig. 17, sert à travailler les bois courbes : ses deux bouts sont alors plus cintrés l'un que l'autre, afin que l'outil puisse ainsi servir à différents ouvrages.

Boulonnier. Forte *tarière*, comme celle qui est représentée fig. 22, ayant 65 centimètres environ de longueur. On s'en sert pour percer des trous de boulons dans les poutres armées ou dans les pièces moisées. On en fait aussi de $1^m.14$ à $1^m.46$ de tige, pour traverser de part en part les deux limons d'un escalier dont on veut maintenir l'écartement par des boulons en fer ; ou bien, lorsqu'il n'y a qu'un seul limon et qu'on veut le retenir, toujours par le même auxiliaire, soit au pan de bois, soit au mur d'échiffre qui forme la cage de cet escalier.

Calibre. Voyez ce mot au Vocabulaire.

Cheville d'assemblage. Broches en fer, fig. 15, à tête aplatie et percée d'un trou : on s'en sert pour retenir les assemblages, jusqu'à ce qu'on puisse les cheviller définitivement. Quant au trou pratiqué dans la tête, il est uniquement destiné à recevoir une autre broche, afin de pouvoir arracher la première, dans le cas où celle-ci serait trop fortement retenue par et dans l'assemblage.

Ciseau, fig. 18 et 19. Outil dont on se sert pour dresser les tenons et les mortaises des petits ouvrages. L'outil proprement dit, est en fer aciéré ; le manche est en bois. Le ciseau dit à planche ou à panne, fig. 18, a un tranchant en biseau : il sert particulièrement aux usages sus-désignés.

Le ciseau fig. 9 est à *gouge* ; son taillant est arrondi et son fer évidé. On s'en sert pour effectuer les parties courbes.

Pour se servir de cet outil, quelle que soit d'ailleurs sa forme, l'ouvrier le tient d'une main et frappe de l'autre sur la tête du manche avec un maillet de bois; parfois aussi c'est avec la paume de la main, lorsqu'il ne s'agit plus que de parfaire l'ouvrage.

Cognée. Outil de fer aciéré, dont la forme est celle d'une hache, comme dans la figure 34. Les bûcherons s'en servent principalement pour abattre les arbres, et les charpentiers pour les équarrir.

La cognée ne diffère, au reste, de la hache, qu'en ce que son tranchant a plus de tour ou de développement, et que son manche a plus de longueur. Cependant, dans quelques localités, les charpentiers appellent aussi *cognée* la hache qui leur est propre, et que l'on voit représentée par la même figure 34.

Compas. Instrument qui sert à décrire des cercles et à prendre des mesures. Ceux dont les charpentiers font usage sont de diverses grandeurs. Celui dit compas d'*appareilleur*,

fig. 12, qui est ordinairement d'une assez grande dimension, sert à tracer les épures, mesurer les ouvertures d'angles, élever des perpendiculaires, etc. Il se compose de deux règles en bois, jointes par l'une de leurs extrémités au moyen d'un axe ou clou rivé; les autres bouts se terminent en pointes revêtues en fer. Les branches ont jusqu'à 65 et même 80 centimètres de longueur.

Celui que l'on a dessiné, fig. 11, est un *compas de poche*; il est tout en fer, sert à tracer les coupes pour les assemblages, etc., et n'a guère que 16 centimètres de longueur. Les charpentiers le portent ordinairement sur eux.

Cordeau ou *fouet*, fig. 7. Corde fine, ordinairement en chanvre, dont on se sert pour tracer les épures, aligner les pièces de bois. On le roule autour d'une bobine de bois traversée par une broche.

Crochet d'assemblage, fig. 20. Ce crochet, dont les extrémités en pointes sont recourbées, sert à maintenir juxtaposées deux pièces que l'on veut assembler, et qui ne sont point encore chevillées. C'est un auxiliaire utile, et dont les charpentiers se servent principalement lorsqu'ils mettent leur charpente en *herse*.

Ebauchoir. N'est, à bien prendre, qu'un ciseau tout en fer, aciéré à son taillant (*voy*. fig. 16 et 17). Par cette raison, il n'est employé qu'aux ouvrages qui nécessitent plus d'efforts que ceux pour lesquels on peut employer les ciseaux à manche de bois.

Doloire ou *épaule de mouton*. La plus grande et la plus large des cognées dont se servent les charpentiers pour équarrir leurs bois. (Voy. *Cognée*.)

Equerre. Instrument propre à tracer des angles droits, ou à mener une ligne perpendiculaire à une autre. Il se compose ordinairement, pour les charpentiers, de deux règles en bois, fig. 13, pl. 1re, et fig. 6, pl. 13, ajustées de manière à former un angle droit, ou un angle droit de 90 degrés, tant en dehors qu'en dedans. Quelquefois on donne à l'une des branches un épaulement ou sur-épaisseur *a*, afin de pouvoir mieux fixer l'instrument contre la pièce que l'on veut tracer : dans ce cas, on l'appelle *équerre à branche épaisse*. Enfin, l'on donne encore le nom d'*équerre* au *calibre* en bois, fig. 4, qui sert à vérifier les angles droits des pièces corroyées. Longueur, 32 centimètres, épaisseur, 27 centimètres. Quant aux équerres dont on se sert pour dessiner, elles sont ordinairement en bois et non évidées.

Essette. Petite herminette courte de *panne* et à marteau arrondi du côté opposé au tranchant.

Fausse équerre, fig. 10. Communément *beveau* ou *sauterelle*. Instrument composé de deux règles en bois ou en métal, formant charnière par un de leurs bouts, comme un compas, au moyen d'un clou rivé qui les traverse l'une et l'autre. Ainsi disposée, la fausse équerre sert à relever les angles qui ne sont pas droits, et peut conséquemment tenir lieu de compas ou de calibre dans plusieurs circonstances.

Fermoir. Grand ciseau de même forme que celui qu'on a représenté fig. 19, mais de 55 millimètres de largeur de *panne*, et ordinairement à deux biseaux; il sert à faire joindre les planches d'une aire ou d'un plancher les unes contre les autres. Pour cela, l'ouvrier le fait entrer à plomb, à coups de maillet, dans la solive qui porte le plancher, et par le manche, l'attire à lui, comme un bras de levier, de manière à imprimer à la planche contre laquelle il est appliqué, une pression telle que celle-ci se serre contre celle à laquelle elle doit être accolée ou unie par son assemblage. Cet outil sert en même temps à fendre les cales qui peuvent être nécessaires dans le cours d'un pareil ouvrage. Les menuisiers surtout en font un usage constant dans la pose des parquets.

Fil à plomb, fig. 8. Est composé d'un plomb percé à son centre, et d'un cordonnet auquel ce plomb est suspendu, de manière à ce que la partie à jour soit toujours dégagée. On s'en sert pour conduire les ouvrages verticaux (*à plomb*), ou pour projeter des points des parties supérieures de l'objet que l'on considère, sur les parties inférieures, et *vice versâ*.

Galère ou *demi-varlope*, fig. 36. Espèce de rabot servant à dégrossir les bois, avant de les passer à la varlope, et après qu'ils ont été dressés à la hache ou à la besaiguë. Cet instrument doit être mû par deux hommes, l'un pour le pousser en avant, l'autre pour l'attirer à lui. Deux chevilles en bois le traversent à cet effet et servent de poignées. Il est également à double fer, comme le rabot. (*Voyez* ce dernier outil.)

Gouge. Petit ciseau concave comme celui qu'on a dessiné fig 19, ayant un biseau servant à faire des cannelures, et notamment les encastrements quarderonnés dans les limons d'escalier pour l'assemblage des marches.

Guillaume. Rabot étroit, à un seul fer, d'environ 35 centimètres de longueur sur 8 centimètres à 108 millimètres de

largeur, et 23 millimètres d'épaisseur; il sert à dresser ou à *pousser* les filets carrés du dessous des marches profilées.

Hache. Nom que l'on donne à plusieurs outils tranchants: c'est en général un outil en fer aciéré, fig. 34, adapté à un manche de bois, et dont on se sert pour hacher et fendre le bois.

La hache ordinaire du charpentier est celle qui est représentée par la figure ci-dessus désignée : *a* en est le tranchant, *d*, la douille, *c*, le manche en bois. Le manche, y compris la largeur du fer, est ordinairement de 48 à 54 centimètres.

On appelle aussi *hachereau* ou *hachette*, une petite hache.

Herminette, fig. 37. Outil dans le genre de la hache, mais dont le manche est moins grand et la panne tranchante recourbée. Le taillant fait un angle droit avec le manche, et la partie convexe est en dehors. On s'en sert pour délarder les bois couchés sur leur plat, et notamment pour débillarder les échiffres et les limons des escaliers. Lorsqu'il est à gouge, il sert à fouiller les parties creuses et courbes. On en fait de trois manières : celle qu'on voit fig. 37 est appelée herminette double, parce que d'un côté elle porte une *gouge*. La simple n'a qu'un tranchant et rien au-delà de la douille; enfin, celle qui est dite *à marteau* porte ce deuxième outil en place de la gouge, fig. 37; dans ce cas, on l'appelle plus communément *essette*.

Jauge. Petite règle de poche, fig. 1re, de 33 centimètres de long sur 3 centimètres de largeur et 3 millimètres environ d'épaisseur. On l'appelle ainsi, parce que les charpentiers s'en servent généralement pour tirer les mortaises et les tenons d'épaisseur. A cet effet, l'ouvrier l'applique sur la pièce à assembler; il trace d'un côté et d'autre, dans le sens longitudinal, un trait avec la rainette, et obtient ainsi un intervalle d'environ 4 centimètres, et par suite l'épaisseur ordinaire d'un tenon.

Laceret. Petite tarière, fig. 21; n'est employée qu'à percer les trous pour cheviller. Un compagnon charpentier doit en avoir 10 à 12, de 13,5 millimètres à 23 millimètres de diamètre.

Mail ou *mailloche.* Outil composé d'une masse de bois d'orme ou de frêne (bois qui se fendent moins que les autres), et dans laquelle est un manche de même bois. On l'emploie pour frapper sur le bout des pièces, lorsqu'on les assemble.

Maillet, fig. 32. Outil à peu près semblable au précédent, dont il ne diffère que par de plus petites dimensions. Les charpentiers s'en servent pour frapper sur la tête des ciseaux, parce qu'il a plus de coup qu'un marteau ordinaire.

Marteau, fig. 32. Outil composé d'une masse carrée ou ronde à l'une de ses extrémités *a* et aplatie à l'autre extrémité *b*. Cette extrémité est en outre fendue dans son milieu; le manche est en bois. Les charpentiers s'en servent pour enfoncer les clous et les chevilles de fer qu'il emploient dans certains ouvrages. Quant au côté refendu, il sert au contraire à arracher les clous dans les vieux bois.

Masse de fer. Autre espèce de marteau de forme cubique, de 10 centimètres de côté, à manche de bois. Il sert à frapper sur les assemblages qu'il faut ajuster serrés.

Mètre, fig. 3. Unité comparative des nouvelles mesures: c'est la dix-millionième partie du quart du méridien. Il se divise en dix parties ou décimètres; le décimètre en dix autres parties ou centimètres; et enfin, le centimètre en dix millimètres. Six pieds, ou la toise ancienne, font 1m.949036 millionièmes de mètre.

Niveau de charpentier. Le même que celui du maçon. C'est un instrument en bois, fig. 5 et 9, au milieu duquel pend un fil à plomb, et dont le côté inférieur est perpendiculaire à ce fil, de manière qu'en posant l'instrument sur une pièce de bois, par exemple, on s'assure si elle est horizontale ou de niveau; cela arrive lorsque la verticale du plomb passe par le milieu du côté inférieur.

Passe-partout. Espèce de scie, fig. 38, dont on se sert pour scier les bois en grume et déraser les pieux. (Voyez *Scie*.)

Pince en fer, fig. 23. Espèce de levier en fer d'environ 1m.62 à 1m.95 de longueur sur 54 millimètres de grosseur, aplatie à l'une de ses extrémités, de manière à ce qu'on puisse insinuer l'outil sous l'objet que l'on veut soulever. Parfois aussi les deux extrémités sont disposées à cet effet, et encore il arrive que l'une d'elles est fendue comme un pied de biche, ainsi que l'indique la figure 23. Cette fente a été imaginée afin que, par son intermédiaire, on puisse arracher les forts clous, la pince ainsi disposée ayant plus de force que le marteau ordinaire.

Piochon. Espèce de besaiguë très-courte, avec manche en bois, dont on se sert dans quelques localités pour faire les

mortaises, comme avec la besaiguë ordinaire, fig. 32. Cette dernière, fig. 35, est infiniment supérieure à l'autre, et doit être préférée.

Plomb (voyez *Fil à plomb*).

Rabot. Outil dont les charpentiers se servent pour raboter (unir) les ouvrages de sujétion et à profils, tels que les lucarnes et les escaliers, ou pour replanir les joints des parties lisses : les menuisiers en font un fréquent usage. Il se compose d'une masse en bois, fig. 33, percée d'un trou qui reçoit un fer ou ciseau à un tranchant, et qui s'y trouve fixé par un coin en bois, de manière à pouvoir être retiré et replacé à volonté. Le tranchant de ce fer ne doit dépasser que d'une quantité pour ainsi dire imperceptible, la surface lisse inférieure du bois, et son biseau doit être tourné en dessous.

Cet outil comprend en outre un deuxième fer, également plat et mince, qui se superpose au premier, le biseau pardessus, mais qui ne doit descendre qu'à un millimètre et demi, près du tranchant de ce premier fer, pour que celui-ci ne morde pas trop le bois, et aussi pour rompre en ce point la *planure* à son passage.

Rainette. Petit instrument, fig. 14, de 22 centimètres environ de longueur, en fer plat, qui d'un bout sert à tracer des traits sur le bois, et de l'autre, au moyen de refends qui y sont pratiqués, sert à donner de *la voie* aux scies, comme on le voit par la figure 14; ces refends sont pris dans un disque qui termine l'outil, et chacun d'eux est également terminé par un œillet vers le centre de ce disque, afin que, pendant l'opération, les dents de la scie ne touchent pas, par leur sommet, le fer de l'instrument.

La rainette se fait aussi comme celle qui est représentée par la figure 13 : alors elle est double pour le trait, et les refends qui servent à donner la voie sont pratiqués en son milieu. Pour que le fer puisse marquer assez profondément dans le bois, il est recourbé sur lui-même à son extrémité. Cette extrémité est tranchante, et enlève par conséquent assez de la superficie du bois, pour que le trait que l'on veut obtenir y reste incrusté. Les charpentiers portent toujours cet instrument sur eux, de même que le compas de poche et la jauge.

Règles de charpentier. Elles sont ordinairement de deux mètres de longueur, comme celles qu'on a représentées fig. 2 et 3. Leur largeur est d'environ 5 centimètres, et leur

épaisseur 1 centimètre : elles servent indifféremment à tracer ou à mesurer des lignes ou des dimensions, et sont, à cet effet, divisées soit en pieds, pouces et lignes, soit en mètres, décimètres et centimètres.

Sauterelles. Nom que l'on donne aussi à la *fausse équerre.* (*Voyez* ce mot.)

Scie. Instrument composé d'une monture qui peut recevoir diverses formes, et d'une lame de fer longue, étroite et mince, dont l'un des côtés présente des angles saillants qu'on appelle *dents.* Cet instrument sert à diviser les bois, quand on exerce avec lui un mouvement de va-et-vient corps sur le que l'on veut fendre. La figure des dents n'est point indifférente : elle varie selon la nature et la dureté des substances employées. Plus le corps est dur, plus les dents doivent être petites, et par conséquent rapprochées.

Nous allons indiquer les diverses sortes de scie dont se servent les charpentiers.

1° La scie du *scieur de long,* figure 24. Elle est composée d'un châssis en bois et d'une lame fixée dans deux anneaux de fer serrés par des coins, aussi en bois, ou par des vis dirigées dans le même sens qu'elle pour la raidir. Sur le haut et sur le bas de la scie, sont deux poignées avec lesquelles les hommes qui la font mouvoir la tirent de haut en bas et de bas en haut. Celle du haut est dirigée suivant le plan même du châssis, et celle du bas lui est perpendiculaire. Le fer de la scie offre une lame plate d'environ 3 millimètres d'épaisseur, sur 8 centimètres de largeur par les bouts, et 11 au milieu. Pour être bonne, elle doit être plus épaisse du côté de la denture que par derrière, et être exempte de paille et d'inégalités : ses dents sont courbes, de manière à présenter un angle aigu au fil du bois, afin de le déchirer et de le rompre avec facilité : elles sont à 27 millimètres l'une de l'autre, et ont 8 à 10 millimètres de profondeur. (*Voyez* fig. 18.) Elles ne se liment pas carrément, mais de biais, et chaque dent à contre-sens de celle qui la précède.

Il faut observer que ce biais ne règne que dans la partie creuse de la dent, et que le bas est à angle droit ou d'équerre avec la scie.

En général, les dents doivent *avoir de la voie,* c'est-à-dire, doivent être écartées en dehors de leur épaisseur, les unes à droite, les autres à gauche, afin qu'elles passent mieux dans le bois.

On donne plus ou moins de voie aux scies suivant divers usages; mais en général, le moins qu'on peut en donner est

le meilleur. En tous cas, il faut faire attention que la *voie* ne doit jamais surpasser la moitié de son épaisseur; parce que, si cela était, la scie ferait deux traits, et, par conséquent, ne pourrait plus aller. (*Voyez* fig. 27.)

Les scieurs de long se servent, pour les ouvrages cintrés, de scies nommées *raquettes*, lesquelles ne diffèrent des autres qu'en ce que la *feuille* ou *lame* n'a que 27 ou 30 millimètres de largeur, afin de pouvoir tourner plus facilement. La scie est mue, dans beaucoup d'endroits, par deux hommes; dans d'autres, par trois.

D'après Hassenfratz, « trois scieurs de long font ordinairement en une heure, sur du chêne encore vert, un trait de scie de 36 décimètres de long sur 3 décimètres de large : ils donnent 50 coups de scie par minute, et la scie est élevée et abaissée dans chaque coup de 8 décimètres environ. L'effort moyen de chaque homme est de 13 kilogrammes.

» Les scieurs de long travaillent 12 heures par jour, et peuvent obtenir dans la journée 20 planches de 2 mètres de long sur 16 centimètres de large. Lorsque la scie est mise en mouvement par deux hommes, ces deux scieurs font les deux tiers du travail que font les trois scieurs. »

2° La scie dite *passe-partout*, fig. 38. Elle sert à débiter les gros bois, et elle doit être mue aussi par deux hommes; mais son mouvement de va-et-vient ne doit lui être imprimé que dans un sens opposé à celui de la scie de long, c'est-à-dire horizontalement, n'importe que la lame soit tenue verticale, ou couchée à plat. Dans la figure 38, les poignées sont en fer et évidées : on en fait également en bois, mais pleines et en forme de manches.

3° La scie dite *à refendre*, fig. 29. Elle est comme celle du scieur de long, mais n'a ordinairement que 97 centimètres de longueur. Un seul homme la fait mouvoir en la tenant des deux mains, l'une à droite, l'autre à gauche, à environ la moitié du châssis.

4° La scie *dite à main*, fig. 30. Elle est semblable à celle des menuisiers : les charpentiers s'en servent : 1° pour scier leur bois en travers, et ils la font alors mouvoir à deux hommes comme le passe-partout; dans ce cas aussi elle a environ 33 centimètres de longueur; 2° pour débiter les bois courbes, tels que les limons des escaliers; mais dans ce cas encore, elle n'a que 66 centimètres, et sa lame doit être fort étroite.

5° Enfin, la scie dite *à couteau*, et sur les ports de mer *égoine*, fig. 25. Elle n'est propre qu'à abattre les chevilles et à faire divers autres menus détails.

Dans la charpenterie, on fait encore usage de scies circulaires, mais qui sont mues par des moyens mécaniques, ce qui leur imprime une très-grande vitesse. Elles ont sur les scies ordinaires un avantage immense, en ce que nul temps n'est perdu dans leur mouvement, parce qu'elles opèrent avec continuité et toujours dans le même sens; tandis que la scie de long et les autres ont l'inconvénient de toutes les machines dont les mouvements sont alternatifs : chaque fois qu'elles rétrogradent, il y a un temps de perdu pour le sciage. Il est vrai que, dans une multitude de circonstances, le charpentier ne saurait en faire usage.

Tarière. Outil de fer aciéré, fig. 22, de 28 millimètres environ de diamètre, servant à faire des trous ronds, ou à entamer l'évidement des mortaises. Son taillant est faiblement recourbé, et la partie inférieure de sa tige est évidée ou concave, afin que le bois coupé puisse sortir en remontant. Avec cet outil, on peut à la rigueur se passer d'amorçoir.

En général, sa forme ne diffère pas de celle du boulonnier et de la tarière : seulement chacun de ces outils porte un nom différent suivant son usage et ses dimensions.

Traceret. Poinçon ordinaire de 18 à 21 centimètres, propre à faire des traits ou à *piquer* les ouvrages pour tracer leurs coupes et leurs assemblages.

SECTION II.

Machines.

Bascule simple. Machine employée à déplacer les fardeaux : elle se compose d'un poinçon soutenu par des contrefiches, appuyées, ainsi que le poinçon, sur un empatement composé de racineaux. Le poinçon est surmonté d'un moufle tournant à pivot sur lui, et au travers duquel passe un boulon, portant une bascule formée de deux pièces liées ensemble. A l'extrémité de l'une est suspendu le fardeau, l'autre est tiré au moyen de cordages; la bascule, tournant sur son pivot, porte le fardeau à l'endroit où il doit être placé.

Baudet. Grand chevalet dont se servent les scieurs de long pour poser leurs pièces.

Cabestan, fig. 40. Machine employée à faire avancer de

gros fardeaux : elle se compose d'un arbre vertical retenu, par ses extrémités ou tourillons, dans deux collets maintenus par un bâtis de charpente. La tête ou sommet de l'arbre, que l'on nomme aussi *chapeau*, est épaisse, carrée et percée de deux trous ou amelottes destinés à recevoir les barres qui, mises en place, forment une croix horizontale à quatre branches égales, dont la longueur est proportionnée au fardeau que l'on veut mouvoir. Ces barres sont poussées par des hommes qui appliquent leur force à leurs extrémités, pour faire tourner l'arbre sur son axe : le poids que l'on veut amener est attaché au bout d'un câble enroulé autour de l'arbre qui, en tournant, force le câble à s'envelopper et à tirer le fardeau vers lui, tandis qu'un homme, placé au pied de l'arbre, développe l'autre bout du câble. La machine est fixée à des pieux par des cordes. Ce cabestan est appelé mobile, parce qu'on peut le transporter à volonté.

Cabre Espèce de chèvre grossièrement construite, et composée de trois perches liées ensemble par un bout et d'une poulie attachée par son axe au lieu qui fixe les perches.

Chaîne. C'est un assemblage de plusieurs pièces de métal appelées *chaînons* ou *anneaux*, engagés les uns dans les autres, de manière que l'assemblage entier soit flexible dans toute sa longueur, comme une corde dont il a les mêmes usages en plusieurs occasions. Les chaînons, qui en forment les différentes parties, sont disposés de manière à ne pouvoir se séparer que par la rupture. Dans la charpenterie, on se sert de chaînes au lieu de cordes, pour traîner ou pour soulever des fardeaux d'un poids considérable.

Chevalet. Machine composée d'une pièce de bois assemblée horizontalement sur quatre, et quelquefois six pieds, plus écartés par le bas que dans le haut, et retenus par des entretoises qui empêchent leur écartement : on s'en sert comme moyen d'exhaussement.

Chèvre. Machine employée à élever les fardeaux : la plus simple, fig. 41, se compose d'un treuil mû par des leviers, autour duquel s'enroule un cordage renvoyé par une poulie placée au sommet des deux bras, qui sont maintenus par des entretoises. Cette corde est attachée au fardeau que l'on veut enlever, et l'extrémité des deux bras est assemblée par un boulon à clavette. Pour l'employer, on la maintient en haut par des cordages nommés *haubans*, qui embrassent son sommet, et qui sont fixés à des objets solides. Lorsque

l'emplacement le permet, on remplace les haubans par une pièce de bois nommée *bicoq*, articulée à charnière au sommet, au moyen d'une cheville, et placée de manière à ce que la chèvre porte sur 3 pieds, et présente les trois arêtes d'une pyramide triangulaire. Celle qui est représentée par la figure 42 est à roue, et par cette raison, préférable à la première, parce qu'elle offre la possibilité d'un mouvement continu.

Cordes et *cordages*. On admet généralement que la résistance moyenne et absolue d'une corde est de 3kil.93 à 4kil.39 par millimètre carré de section, c'est-à-dire qu'une corde chargée d'autant de fois ces poids qu'il y a de millimètres carrés dans sa section doit rompre sous cette charge. Si donc on tient à ne pas rompre ces cordes, il faut veiller à ce que cette charge n'atteigne jamais cette valeur. Si on veut calculer directement la force intime d'une corde, on se sert de la formule

$$35\ C^2$$

C étant la circonférence exprimée en centimètres, ou par celle

$$345\ D^2$$

D étant le diamètre en centimètres, ou enfin

$$3{,}45\ D^2$$

D exprimant le diamètre en millimètres;

ainsi une corde dont le diamètre serait de 20 millimètres ne devra pas être chargée du poids de 1380 kilog. sous lequel elle romprait et il ne faudrait guère lui faire porter d'une manière permanente que le quart ou le sixième de ce poids, si l'on veut qu'elle ne se détériore pas ou qu'il n'arrive pas d'accident.

Cric, fig. 39, pl. 13. Machine qui sert à soulever les fardeaux. Elle se compose d'une pièce de bois d'un mètre de hauteur, de 12 centimètres de largeur sur 24 d'épaisseur, frettée par les deux bouts. Dans cette pièce est enchâssée une crémaillère qui, par le moyen d'une manivelle et d'un pignon, sort et rentre pour hausser ou pour baisser le fardeau.

Diable. Voiture basse, à bras et à deux roues, au milieu de laquelle est placé un timon : elle sert à transporter des bois à pied-d'œuvre.

Echelle. Instrument trop connu pour que nous en donnions la description.

Ecoperche. Pièce de bois portant une poulie à son extré-

mité, et que l'on ajoute au bec d'une grue pour lui donner plus de volée. Quelquefois l'écoperche seule est employée dans les constructions ; c'est alors une écharpe. Lorsque l'écoperche se compose de deux pièces de bois implantées sur le sol et dressées en l'air de manière à se trouver un peu écartées l'une de l'autre par le bas, et unies en haut, où elles portent la poulie ou le moufle, elle se nomme *besaiguë*.

Engin. Nom générique des machines servant à élever les fardeaux : c'est de lui que vient le mot ingénieur, faiseur d'engins.

Equipage. L'ensemble de tout ce qui sert à la construction et aux transports des matériaux, comme voitures, machines, échafauds, etc.

Fardier. Charriot destiné à transporter les grosses pièces de charpente ; il est formé de deux grandes et fortes roues de 2m.66 à 3 mètres de haut, d'un essieu en fer et de deux grands brancards en bois, dont les bouts, d'un côté, servent de limonière, pour atteler un cheval. Pour charger un fardier, on range le plus régulièrement possible, sur deux chantiers, le bois à transporter, de manière à former un tas qui n'excède pas en largeur l'intervalle entre les deux roues du fardier, et en hauteur celle de l'essieu ; on amène ensuite le fardier dessus de manière que son essieu corresponde à peu près au centre de gravité de la charge. On passe sous le tas de bois une très-forte chaîne, dont l'extrémité vient passer par deux brancards. On introduit dans la chaîne agrafée, un levier dont une extrémité est appuyée contre le dessous du rouleau, tandis que l'autre est tenue par une corde enroulée autour d'un treuil placé entre les deux brancards du fardier ; on agit par le moyen du treuil sur le levier qui, en baissant, élève le tas de bois. Dès qu'il a abandonné le chantier, on arrête. Pour décharger, il suffit de faire faire deux ou trois tours au treuil en sens inverse.

Grue. Machine destinée à monter ou à descendre des fardeaux, et à les porter dans un endroit qui n'est pas sur la verticale qui correspond à sa position primitive. Cela se fait au moyen d'une potence horizontale ou oblique, adaptée à un axe vortical tournant, et au bout supérieur de laquelle se trouve le rouet d'une poulie fixe, tandis que le bout inférieur porte l'arbre d'un treuil que l'on met en mouvement avec des barres, ou par le moyen de tambours, qui sont des roues larges, creuses, placées sur les flancs de la machine, et présentant un chemin intérieur sur lequel marchent des ouvriers chargés de la faire aller. L'axe de la grue est porté

par un empatement composé de diverses pièces assemblées, et formant la base du système. La plupart des grues sont établies sur le bord des quais, pour décharger les navires ou pour enlever les bois qui arrivent par le flottage. On peut les mettre en mouvement par la force des hommes ou par la vapeur : leur construction exige des connaissances fort étendues en géométrie et en mécanique ; mais nous n'entrerons point dans de plus grands détails à cet égard, pour ne point nous écarter du but principal de notre sujet.

Gruau. Sorte d'appareil formé à l'instar des grues, mais qui a plus d'élévation et moins de saillie.

Guidas ou *Guindeau*. Synonyme de *cabestan*.

Hauban. Nom que l'on donne souvent aux cordages employés dans les grues, engins, etc.

Levier. La plus simple de toutes les machines employées à remuer les fardeaux : elle consiste en une barre de bois ou de fer, dont un des points pose sur un appui ; une des extrémités est engagée sous le fardeau, et l'autre reçoit l'effort. La distance du point d'appui aux extrémités se nomme *bras de levier :* plus le bras qui reçoit l'effort est long, relativement à l'autre, plus le poids à soulever pourra être fort, l'effort restant le même. Le point d'appui fixe pouvant avoir trois positions différentes, par rapport au point d'application de la résistance et de la puissance de l'effort, on distingue trois espèces de leviers : celui de la première espèce a le point d'appui fixé entre le point où se fait l'effort et le point où est le fardeau : c'est le cas le plus ordinaire, comme lorsque l'on pousse un levier sous une pierre, et que l'on met un coin sous le levier entre la pierre et l'homme qui agit. Dans le levier de la seconde espèce, la résistance occupe une place intermédiaire entre le point d'appui et la puissance ; c'est le cas qui se présente quand on charge du bois sous un fardier au moyen de la chaîne qui passe sur un rouleau, sous lequel est le bout du levier, et qui forme appui. Enfin, dans le levier de la troisième espèce, la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance, ce dont on voit un exemple dans la balance connue sous le nom de *romaine*.

Moufle. Machine propre à élever des fardeaux : elle est composée de plusieurs poulies qui sont placées les unes au-dessus des autres, et autour desquelles tourne un cordage, renvoyé autant de fois qu'il y a de poulies tournant chacune sur son axe. Cet assemblage est retenu à quelque objet inébranlable, ou du moins considéré comme tel.

Moulinet. Espèce de treuil, auquel on adapte quatre bras de levier perpendiculaires les uns aux autres, à chacune des deux extrémités.

Mouton à bras. Machine dont on se sert pour enfoncer les pieux : c'est une masse de bois de chêne en forme de parallélipipède, frettée aux deux bouts, et garnie sur chaque face d'anses qui servent à l'élever ou à la mettre en mouvement. Cette machine pèse depuis 50 jusqu'à 250 kilogrammes.

Rouleaux. Les rouleaux servent pour mener, d'un lieu à un autre, les poutres et autres fardeaux qui sont lourds, mais non pas d'une pesanteur extraordinaire. Ce sont de simples cylindres de bois de 20 et quelques centimètres de diamètre, et de 60 à 130 centimètres de longueur, que l'on met successivement par-devant sous les pièces qu'on veut conduire, tandis qu'on les pousse par-derrière avec des pinces ou avec des leviers. Quand les fardeaux sont d'un poids excessif, on se sert de rouleaux sans fin, qu'on nomme autrement *tours-terriers*. Pour donner à ceux-ci plus de force et empêcher qu'ils ne s'écrasent, on les fait de bois, assemblés à entretoises : ils ont en longueur et en diamètre presque le double des rouleaux simples, et sont en outre garnis de larges cercles de fer aux deux extrémités. A 32 centimètres près de chaque bout, sont quatre mortaises, ou plutôt deux seulement, percées d'outre en outre. Elles servent à y mettre de longs leviers de bois que des ouvriers tirent avec des cordes qui sont attachées au bout, et l'on change de mortaises à mesure que le rouleau a fait un quart de tour : ce travail est long et pénible, mais sûr.

Singe. Treuil appuyé sur deux supports assemblés en croix de Saint-André, et posés sur deux sommiers : ce treuil est mû par des leviers.

Sonnette à tiraude, fig. 43. Machine à battre les pieux, composée d'un appareil de charpente ayant à son sommet une poulie dans laquelle passe un câble pour mettre en mouvement un mouton fixe à l'une de ses extrémités, et plus fort que le mouton à bras. A l'autre extrémité du câble sont attachées plusieurs cordes réunies au même point, et au moyen desquelles les ouvriers, qu'on appelle *sonneurs*, élèvent le mouton à la hauteur moyenne de 30 centimètres, pour le laisser retomber ensuite sur la tête du pieu : il faut trente coups de mouton pour faire une volée. Le mouton doit peser 600 kilog. environ.

Sonnette à déclic. La sonnette à déclic diffère de celle dont

nous venons de parler, par le poids du mouton qui est infiniment plus considérable, et par la manière de le mettre en mouvement. Cette machine est composée d'un treuil à engrenage, au moyen duquel on enlève le mouton jusqu'à une certaine hauteur : une détente le lâche ensuite, pour le laisser tomber librement.

Tréteau. Espèce de chevalet employé par les scieurs-de-long.

Treuil. Machine formée d'un cylindre horizontal, tournant sur deux pivots, que l'on met en mouvement avec des leviers qui le traversent de la même manière que dans le cabestan, qui n'est qu'un treuil vertical; on peut aussi le mettre en mouvement par le moyen d'une roue placée à l'extrémité du treuil, et de manière à ce qu'elle ne puisse tourner sans entraîner le cylindre dans son mouvement. Une corde y est fixée par un bout, et enroulée dessus : à l'autre bout libre de cette corde, on attache le corps que l'on veut faire marcher. Il est un autre treuil qui se compose de deux parties de diamètres égaux; tandis que la corde s'enveloppe sur la plus grosse, elle se développe sur la plus petite. Ce treuil a l'avantage de pouvoir soutenir, sans encliquetage, le fardeau qu'il soulève. Quelquefois les deux parties, au lieu d'être sur une même ligne, sont disposées parallèlement, ce qui diminue le frottement : ce treuil à deux parties peut surtout être employé comme *arrache-pieux*. On effectue avec cette machine, d'une manière très-simple et sans aucun danger, cette opération si longue, et quelquefois si difficile.

Vérin. Machine composée de deux forts madriers, de deux grosses vis en bois qui traversent l'un d'eux, et d'un pointal enté dans le milieu des madriers. Cette machine sert à élever de grosses pièces pour les placer dans les voitures, ainsi qu'à remettre d'aplomb des jambages de cloisons, des pans de bois : il sert aussi à remettre les planchers de niveau.

Vindas. Espèce de treuil.

Nota. Le cadre de cet ouvrage étant trop restreint pour donner toutes les figures des machines employées par les charpentiers, nous nous sommes borné à indiquer de préférence celles qui sont d'un usage fréquent.

APPENDICE.

CHAPITRE PREMIER.

Notions de Géométrie descriptive.

(PLANCHE XIV.)

1. Le charpentier qui veut exécuter une charpente, doit commencer par la dessiner; mais ce que son dessin doit lui représenter, ce n'est pas l'aspect qu'aura la charpente quand elle sera faite; c'est l'ensemble des dimensions de toutes les pièces qui la composeront, exprimées rigoureusement jusque dans leurs moindres détails. Le procédé qu'il emploie pour atteindre ce but consiste, ainsi que cela a déjà été dit page 40, à remplacer le dessin ordinaire ou la vue naturelle de la charpente par le dessin des projections de ses différentes pièces sur deux plans. L'un de ces plans est horizontal; l'autre est vertical : tous les deux se nomment plans coordonnés.

2. Voici le premier et le plus important de tous les principes de la méthode des projections : *toute ligne qui joint les deux projections coordonnées (la projection verticale et la projection horizontale) d'un même point, est dirigée perpendiculairement à la ligne de terre.* En effet, soit TRH (fig. 1, pl. XIV) le plan horizontal de projection, TRV le plan vertical, TR la ligne de terre, et les perpendiculaires Aa', Aa, les droites qui projettent le point A sur les deux plans coordonnés : il serait facile de démontrer que les perpendiculaires menées sur la ligne de terre, du point a et du point a', doivent rencontrer cette ligne au même point x, où la rencontrerait le plan des deux perpendiculaires Aa, Aa'. Par conséquent, lorsque le plan TRH, ayant fait un quart de révolution autour de la ligne TR, est venu se placer en TRI, au-dessous et sur le prolongement du plan vertical, il est évident que, si le point a' s'est rabattu en a'', la ligne $a''x$ doit être sur le prolongement de ax.

3. D'après cela, connaissant les deux projections d'une

ligne quelconque ; si l'on veut connaître la projection horizontale coordonnée avec un des points de la projection verticale, il faut de ce point abaisser sur la ligne de terre une perpendiculaire, et la prolonger jusqu'à ce qu'elle rencontre la projection horizontale en un point qui sera la projection demandée.

4. Un simple coup-d'œil jeté sur la figure 1 fera comprendre au lecteur que la partie ax de la droite aa'', qui joint les deux projections du point A, est exactement égale à l'élévation Aa' du point A, au-dessus du plan horizontal.

La partie $a''x$ de la même droite aa'' est de même exactement égale à la distance Aa qui sépare le point A du plan vertical.

C'est parce que la hauteur de la projection verticale de chaque point, au-dessus de la ligne de terre, est toujours égale à l'élévation de ce point au-dessus du plan horizontal, que l'on a donné le nom vulgaire d'élévation à la projection verticale d'un objet.

5. Quand un point est sur un des plans coordonnés, il se confond avec sa projection sur ce plan, et sa projection sur l'autre est un des points de la ligne de terre.

6. Ces principes posés, *cherchons les projections* de la *droite qui joint le point a* (fig. 2) *du plan vertical, au point b' du plan horizontal*. En menant, des points a et b', les droites aa', $b'b$ perpendiculaires à la ligne de terre, nous aurons d'abord a' pour projection horizontale du point a, et b pour projection verticale du point b' : or, comme la projection d'une ligne droite est elle-même une ligne droite, si l'on trace les droites ab, $a'b'$, ces deux droites seront évidemment les deux projections cherchées.

7. *Si l'on connaissait* (même figure) *les deux projections* ab, $a'b'$ *d'une droite, et qu'on voulût trouver ses deux traces, c'est-à-dire les deux points a et b', où elle rencontre les plans coordonnés*, il faudrait, après avoir prolongé les projections jusqu'à la ligne de terre, en b et en a', mener par ces points, à la ligne de terre, les perpendiculaires bb', $a'a$, qui, par leurs rencontres avec les projections, aux points b' et a, feraient connaître les traces demandées.

8. Quand la perpendiculaire menée par le point a' (fig. 3) rencontre la projection verticale au-dessous de la ligne de terre, la droite donnée rencontre le plan vertical en un des points de son prolongement TRI (fig. 1), c'est-à-dire au-dessous du plan horizontal. De même, quand la perpendiculaire menée par le point b (fig. 4) rencontre la projection horizontale au-dessus de la ligne de terre, la droite dont on

cherche les traces rencontre le plan horizontal en un des points de son prolongement TRK (fig. 1), situé derrière le plan vertical.

En général, *toute projection verticale au-dessous de la ligne de terre appartient à un point situé sous le plan horizontal : toute projection horizontale au-dessus de la même ligne appartient à un point situé derrière le plan vertical.*

9. Lorsqu'une droite est parallèle à l'un des plans coordonnés, sa projection sur l'autre est parallèle à la ligne de terre, puisque tous ses points sont à la même distance du premier plan : si donc les deux projections d'une droite étaient parallèles à la ligne de terre, cette droite le serait aussi, puisqu'elle serait parallèle aux deux plans de projection.

10. Toutes les fois qu'une droite est perpendiculaire à l'un des plans coordonnés, sa projection sur ce plan se réduit à un point, et sa projection sur l'autre est perpendiculaire à la ligne de terre. La figure 5 représente une ligne (*a b, b'*) perpendiculaire au plan horizontal, et une autre droite (*m, m' n'*) perpendiculaire au plan vertical.

Ce qui précède compris, voyons les applications qu'on en peut faire.

PREMIERS EXERCICES.

11. *Trouver les traces d'un plan passant par deux droites* (*ab, a' b'*) (*cd, c' d'*) *qui se coupent en un point* (*o, o'*) (fig. 6). — Déterminez les traces *a* et *b'* de la première droite, ainsi que les traces *c* et *d'* de la seconde. En joignant alors le point *c* au point *a*, et le point *b'* au point *d'*, vous obtiendrez les droites *xcay*, *zb'd'y*, qui, si l'on a bien opéré, doivent rencontrer la ligne de terre au même point : ces droites sont les deux traces du plan demandé.

Le problème serait impossible, si les points *o* et *o'*, où les projections des deux droites se rencontrent, ne déterminaient pas une perpendiculaire à la ligne de terre ; car alors les deux droites n'appartiendraient pas à un même plan. Il se résoudrait de la même manière, si les droites données étaient parallèles, ce que l'on reconnaîtrait au parallélisme de leurs projections sur chacun des deux plans coordonnés.

12. Lorsque la trace d'un plan sur l'un des plans coordonnés est perpendiculaire à la ligne de terre, ce plan est lui-même perpendiculaire sur l'autre plan coordonné.

Le plan *abc* (fig. 7) est perpendiculaire sur le plan horizontal : il est donc vertical. Le plan *def* (même figure) est perpendiculaire au plan vertical : quant au plan *ghi* (tou-

jours même figure), il est perpendiculaire à la fois aux deux plans de projection.

13. Lorsque la trace d'un plan sur l'un des plans coordonnés est parallèle à la ligne de terre, et qu'il n'a pas de trace sur l'autre plan, il lui est parallèle. Si les deux traces d'un plan étaient parallèles à la ligne de terre, ce plan le serait aussi.

Le plan qui a pour trace unique kl (fig. 7), est parallèle au plan horizontal : il est horizontal. Le plan qui a pour trace unique mn (même figure), est parallèle au plan vertical. Enfin, le plan qui a pour traces les droites pq, sx (toujours même figure), est parallèle à la ligne de terre.

14. Le lecteur remarquera donc, et il ne faut pas qu'il l'oublie, que *tout plan parallèle à l'un des plans coordonnés n'a qu'une trace, qui est située sur l'autre plan coordonné où elle est parallèle à la ligne de terre.*

Passons à d'autres exercices.

15. *Trouver les traces d'un plan qui passe par trois points dont les projections sont données.* — Les trois points donnés, pris deux à deux, déterminent les projections de trois droites ; or, ces droites se coupant deux à deux, nous retombons évidemment dans le cas du numéro 11.

16. Quoique nous n'ayons pas donné l'*épure* relative à l'exercice qui précède, nous invitons le lecteur à en faire la construction, et nous l'engageons à agir de même toutes les fois que, pour éviter de multiplier les planches de cet ouvrage, nous nous contenterons d'indiquer des opérations à faire, sans montrer sur une figure le résultat de ces opérations.

17. *Connaissant l'une des projections a* (fig. 8) *d'un point situé sur le plan ikl dont on a les traces, trouver l'autre projection du même point.* — Par le point a, menez la ligne ab parallèle à la ligne de terre, projetez le point b en b', sur cette droite ; puis, après avoir mené $b'x'$ parallèlement à la droite kl, menez du point a, sur la ligne de terre, une perpendiculaire qui, par sa rencontre avec $b'x'$, au point a', déterminera le point a', projection horizontale cherchée.

18. Pour se rendre compte de cette construction, il faut savoir qu'une droite parallèle à l'une des traces d'un plan sur un des plans coordonnés, a sa projection sur ce plan parallèle à la trace du plan qui lui est elle-même parallèle. Si donc, par le point qui se projette verticalement au point a, on conçoit une droite qui soit parallèle à la trace kl, cette droite, qui est horizontale, aura pour projection verticale la

ligne ab, et par conséquent pour trace verticale le point b. Or, le point b a été projeté horizontalement en b'; donc la droite verticalement projetée suivant ab est horizontalement projetée suivant $b'x'$, menée parallèlement à kl; donc la projection horizontale cherchée, devant être sur $b'x'$ et sur la ligne menée du point a perpendiculairement à la ligne de terre, est déterminée, au point a', par l'intersection de $b'x'$ avec aa'.

19. *Les projections abc, $a'b'c'$* (fig. 9) *d'une figure plane étant données, ainsi que l'une des projections o, d'un point situé sur le plan de cette figure, trouver la seconde projection de ce point.* — On pourrait commencer par déterminer les traces du plan de la figure, et exécuter ensuite les opérations indiquées dans le numéro précédent; mais on peut encore opérer de la manière suivante : par le point o, menez à la ligne de terre une parallèle; elle rencontrera en général les côtés du triangle ou leurs prolongements en deux points m et n. Déterminez les secondes projections m', n' de ces deux points; puis joignez le point m' au point n' : vous aurez une droite $m'n'$, qui, par son intersection avec la perpendiculaire à la ligne de terre menée par le point o, vous déterminera le point o', qui est la seconde projection demandée.

20. S'il s'agissait de toute autre figure que d'un triangle, et si la parallèle à la ligne de terre, menée par le point o, ne devait pas rencontrer le périmètre de la projection verticale de la figure, il faudrait d'abord choisir, sur ce périmètre, que nous ne supposons pas rectiligne, trois points à volonté, et tracer le triangle qu'ils déterminent; construire ensuite la projection horizontale du même triangle; puis enfin, au moyen de deux projections du triangle construit, terminer l'opération, comme dans l'exemple qui précède.

21. *Trouver les projections de l'intersection de deux plans dont on connaît les traces abc, def* (fig. 10). — Le point m est la trace verticale de cette intersection; le point n' est la trace horizontale du même point; donc (nº 6) les droites mn, $m'n'$ sont les deux projections demandées.

Si l'on ne connaissait pas les points m et n, ou s'ils étaient trop éloignés de la ligne de terre pour qu'on pût s'en servir, il faudrait recourir à un, ou à deux plans auxiliaires, sur lesquels on transporterait les traces des plans ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

22. *Trouver l'intersection de la droite* (ab, $a'b'$) *avec le plan ikl* (fig. 11). — Prolongez jusqu'à la ligne de terre la projection horizontale de la droite, et, par le point de rencontre c', menez une verticale : vous aurez de cette ma-

nière les deux traces du plan qui projette horizontalement la droite donnée. Il vous sera facile alors de déterminer la projection verticale *mc* de l'intersection de ce plan avec le plan *ikl* : cette projection, par son intersection avec la ligne *ab*, déterminera le point *o*, projection verticale du point demandé. La projection horizontale du même point s'obtiendra ensuite en abaissant, du point *o*, une verticale, jusqu'à la rencontre de *a' b'* au point *o'*.

23. *Etant donnés une droite et un point, mener par ce point une parallèle à la droite donnée.* — Les projections de la nouvelle droite devant passer par les projections du point connu et être parallèles aux projections de la droite donnée, on ne saurait éprouver aucune difficulté à résoudre le problème.

24. *Etant données les projections d'un point et les traces d'un plan, construire les projections de la droite menée par le point donné perpendiculairement au plan connu.* — Il suffit, pour résoudre ce problème, de savoir que les projections de la droite doivent être perpendiculaires aux traces du plan.

25. *Trouver le pied de la perpendiculaire abaissée d'un point sur un plan.* — Par le point donné, menez (nº 24) une droite qui soit perpendiculaire au plan donné ; puis cherchez (nº 22) la rencontre de cette droite avec un plan.

26. *Etant donnés une droite et un plan, mener par la droite un second plan perpendiculaire au premier.* — Par un point quelconque de la droite donnée, menez (nº 24) au plan donné, une perpendiculaire, et faites passer (nº 11) un plan par cette perpendiculaire et par la droite donnée : l'intersection de ce second plan avec le premier sera la projection de la droite donnée sur le plan donné.

27. *Par un point donné (a, a'), mener un plan parallèle à un plan donné ikl* (fig. 12). — Par le point *a*, menez une horizontale *ab*, et par le point *a'* une parallèle *a' b'* à la trace *kl*; prolongez *a' b'* jusqu'à la ligne de terre au point *b'*, et menez, par le point *b'*, une verticale qui rencontrera l'horizontale *ab* au point *b*; il ne vous restera plus qu'à mener, par le point *b*, une ligne *mn* parallèlement à la trace *ik*, et, par le point *n*, une autre ligne *no* parallèlement à la trace *bl*; car alors le plan *mno* sera le plan demandé.

28. *Par un point donné (a, a'), mener un plan perpendiculaire à une droite (mn, m' n') connue par ses projections* (fig. 13). — Par le point *a*, menez une horizontale *ab*, et par le point *a'*, une perpendiculaire *a' b'*, à la projection *m' n'*; prolongez *a' b'* jusqu'à la rencontre de la ligne de terre au

point b', et, par le point b', menez une verticale qui rencontrera l'horizontale $a\,b$ au point b : il ne vous restera plus qu'à mener d'abord par le point b la ligne ik perpendiculairement sur mn, et, par le point k, la ligne kl perpendiculairement sur $m'n'$.

29. *Diviser une droite en parties égales ou en parties proportionnelles.* — Quand une droite est divisée dans un certain rapport, ses deux projections sont divisées dans le même rapport : donc, pour diviser une ligne d'une manière quelconque, il suffit de diviser ses projections de la manière voulue.

30. Il a été dit plus haut (nº 1), que la méthode des projections avait pour objet de représenter les corps, non tels qu'ils nous apparaissent perspectivement ; mais de manière à en exprimer graphiquement toutes les dimensions, jusque dans leurs moindres détails. Or, ces dimensions, que le charpentier a besoin de connaître, pour travailler d'après son épure, dépendent évidemment de la distance de certains points, des angles formés par de certaines lignes ou de l'inclinaison mutuelle de certains plans, etc. Il importe donc que le charpentier qui possède des projections de points, de lignes, ou de plans divers, soit en état de résoudre les problèmes suivants.

31. *Deux points* (a, a') (b, b') *étant donnés par leurs projections, trouver la véritable longueur de la droite, qui en exprime la distance* (fig. 14). — Pour résoudre ce problème, faites un angle droit xoy (fig. 15), et sur l'un des côtés, prenez une longueur oy égale à la projection horizontale $a'b'$ de la droite qui joint les deux points ; sur l'autre côté, prenez une longueur ox égale à la différence bm des lignes aa'', bb'', qui représentent les élévations des deux points : il ne vous restera plus qu'à joindre le point x au point y, pour avoir la distance que vous cherchez.

32. La construction du triangle xoy peut être exécutée de la manière suivante : par le point le moins élevé (le point a), menez am (fig. 14) parallèlement à la ligne de terre ; vous aurez ainsi la ligne bm qui sera perpendiculaire sur am, et qui sera égale à la différence des deux élévations : il suffira donc de prendre, à partir du point m, une longueur mn égale à $a'b'$, et de joindre le point b au point n, pour avoir la ligne bn, dont la longueur est évidemment égale à celle de l'hypothénuse du triangle rectangle dont on voulait éviter la construction.

33. Il est aisé de se rendre compte des opérations qui précèdent. En effet, soit A et B (fig. 16), deux points qui se

projettent en a' et b' sur un plan horizontal XY. Il est évident, si l'on mène AM parallèlement à $a'b'$, que cette ligne sera égale à $a'b'$, que ce sera la base d'un triangle rectangle, que la hauteur BM du même triangle sera égale à la différence de hauteur des points A et B, et que la ligne AB est l'hypothénuse du même triangle.

34. *Proposons-nous maintenant de prendre* (fig. 17), *sur une droite donnée* (ab, $a'b'$) *et à partir d'un point* (a, a'), *une longueur donnée.* — En prenant à volonté sur la droite donnée un second point (m, m'), il sera facile d'exécuter les opérations suivantes : on mènera d'abord, par le point m et par le point a', des parallèles à la ligne de terre ; puis, après avoir pris la ligne $a'p'$ égale à $a'm'$, on mènera par le point p' une verticale $p'p$, jusqu'à sa rencontre au point p, avec l'horizontale qu'on vient de mener par le point m. Joignant alors le point a au point p, et prenant sur la droite ap, prolongée si cela est nécessaire, une longueur ar, qui soit égale à la longueur donnée, il ne restera plus qu'à mener par le point r, une horizontale rx; car cette horizontale, par sa rencontre avec la droite ab, déterminera le point x, qui a pour projection horizontale coordonnée le point x', et ces deux points x et x' sont les projections demandées de celui des points de la droite donnée, dont la distance au point (a, a') est précisément égale à la longueur donnée.

35. *Deux droites qui se coupent étant données, trouver l'angle qu'elles font entre elles.* — Sur la première ligne, prenez un point que nous appellerons (a, a') ou A, et sur la seconde ligne, un point que nous appellerons (b, b') ou B : déterminez ensuite la distance AB, puis chacune des distances AO, BO des points A et B au point de rencontre des droites que nous appelons le point (o, o') ou le point O : il ne restera plus qu'à contruire un triangle dont les côtés soient respectivement égaux aux lignes AB, AO, et BO; l'angle opposé au premier côté sera l'angle cherché.

36. En choisissant les points A et B de façon que la projection ab soit parallèle à la ligne de terre, on simplifie les opérations; parce qu'alors la ligne AB, qui est parallèle au plan horizontal, est précisément égale à sa projection $a'b'$.

37. On reconnaît que deux lignes se coupent, quand les projections se coupent sur chacun des plans coordonnés, et qu'en même temps, les deux points d'intersection sont sur une même perpendiculaire à la ligne de terre.

38. *Trouver l'inclinaison mutuelle de deux plans.* — On sait (*géométrie*) que l'inclinaison de deux plans a pour mesure l'angle que forment les intersections de ces deux plans

avec un troisième plan qui leur est perpendiculaire à tous les deux. Cela posé, en nommant A et B les deux plans, on commencera par construire l'intersection des deux plans A et B (n° 21); puis, par un point quelconque de cette intersection, on lui mènera (n° 28) un plan perpendiculaire que nous nommerons le plan C : il ne restera plus qu'à construire les intersections du plan C avec chacun des plans A et B, et à déterminer l'angle que ces deux intersections font entre elles.

39. Les constructions précédentes sont beaucoup simplifiées, quand l'un des deux plans se confond avec un des plans coordonnés, ou quand il lui est parallèle.

40. *Trouver l'inclinaison d'une droite et d'un plan.* — Prenez à volonté un point sur la droite donnée et abaissez de ce point (n° 24) une perpendiculaire sur le plan. Cherchez ensuite (n° 35) l'angle que cette perpendiculaire fait avec la droite donnée, et retranchez cet angle d'un angle droit : le reste sera l'inclinaison demandée.

41. Quand le plan donné se confond avec un des plans coordonnés, ou qu'il lui est parallèle, les constructions s'exécutent plus rapidement que quand il occupe une position différente. Au reste, ce que nous venons de voir suffit pour faire comprendre à l'opérateur comment au moyen des projections des corps, on peut trouver la véritable forme de ces corps, et combien cette manière de les dessiner peut être utile aux charpentiers.

Rabattements des plans.

42. *Construire le rabattement d'un plan sur un des plans coordonnés.* — Soit ikl (fig. 18) le plan donné : pour avoir le rabattement de ce plan sur le plan horizontal, prenez sur la trace ik un point quelconque a; de ce point, menez sur la ligne de terre la perpendiculaire aa' : du point a', menez sur la trace kl la perpendiculaire indéfinie $a'b'x'$; menez sur cette dernière ligne et par le point a', la perpendiculaire $a'y'$; prenez sur cette perpendiculaire la distance $a'a''$ égale à la hauteur a' du point a; joignez le point a'' au point b'; prenez la distance $b'a'''$ égale à $b'a''$, et joignez le point a''' au point k : le point a''' sera le rabattement du point a, et l'angle lkm sera ce que devient l'angle ikl rabattu sur le plan horizontal.

Le rabattement du même angle sur le plan vertical s'obtiendrait de la même manière.

On peut remarquer que l'angle $a'b'a''$ est lui-même le rabattement d'un angle qui mesure l'inclinaison du plan

ikl sur le plan horizontal. Rien n'est donc plus facile que d'avoir l'inclinaison d'un plan quelconque sur un des plans coordonnés.

43. *Construire les projections d'un point d'un plan dont on connaît le rabattement sur un des plans coordonnés.* — Soit *lkm* (fig. 19) le rabattement du plan dont la trace horizontale est *lk* : pour avoir les projections du point *o'''*, menez par ce point *lk*, la perpendiculaire *a' a'''* ; par le point *a'*, menez une verticale *a' z*; du point *k* comme centre, avec un rayon égal à *k a'''*, décrivez un arc de cercle qui rencontrera la verticale *a z* en un point *a*; joignez enfin le point *a* au point *k* : la droite *iak* sera la trace verticale du plan. Menez alors par le point *a'*, sur *a' a'''*, une perpendiculaire *a' y'* ; prenez sur cette perpendiculaire une longueur *a' a''*, égale à la ligne *a a'* ; joignez le point *a''* au point *b'* ; prenez sur *b' a''*, une longueur *b' o''* égale à *b' o'''*, et du point *o''* menez sur *a' a''* une perpendiculaire *o'' o'* : le pied *o'* de cette perpendiculaire sera la projection horizontale du point *o'''*. Pour avoir la projection verticale du même point, prolongez la ligne *o'' o'* jusqu'à la ligne de terre au point *t'*; menez par ce point *t'* une verticale, jusqu'à sa rencontre avec la trace *ik*, au point *t* ; par le point *t* menez l'horizontale *tv*, et du point *o'* abaissez sur cette horizontale la perpendiculaire *o' o* : le pied *o* de cette perpendiculaire sera la projection verticale demandée.

44. Ce qui précède compris, on doit comprendre également que, connaissant les projections *o* et *r'* (même fig.) d'un point quelconque situé sur un plan *ikl*, pour avoir la position de ce point dans l'angle *lkm*, rabattement de *lki*, il faut exécuter les opérations suivantes : mener par le point *o'* sur la trace *lk*, une perpendiculaire indéfinie *o' b' o'''* qui rencontrera cette trace en un point *b'* et la ligne de terre en un point *a'*; élever au point *a'* une perpendiculaire à la ligne de terre, jusqu'à sa rencontre avec la trace verticale en un point *a*; élever au même point *a*, mais à la ligne *a' b'*, une autre perpendiculaire *a' a''*, qui soit égale à *a' a* ; joindre le point *b'* au point *a''*, et mener par le point *o'*, à la perpendiculaire *a' a''*, une parallèle *o' o''* qui rencontrera *b' a''* en un point *o''*; prendre enfin, sur le prolongement de *o' b'* une longueur *b' o'''* égale à *b' o''* : le point *o'''* ainsi trouvé sera le rabattement du point (*o o'*).

Projections auxiliaires.

45. On a souvent besoin de connaître la projection, sur un plan auxiliaire, d'un point ou d'une figure dont on con-

naît les projections sur les deux plans coordonnés. Il faut pour cela : 1° du point donné (nous supposons que la figure soit réduite à un point), abaisser une perpendiculaire sur le plan auxiliaire ; 2° déterminer les projections du pied de cette perpendiculaire ; 3° rabattre le plan auxiliaire ; 4° construire enfin, sur ce rabattement, la position du point cherché.

Soient a et a' (fig. 20), les deux projections d'un point, et la droite mn la ligne de terre. Si l'on veut avoir la projection du même point sur le plan vertical ikl, on abaissera du point (a, a'), une perpendiculaire sur le plan ikl, et le pied de cette perpendiculaire sera la projection demandée. Ce point se projette horizontalement en x', et verticalement au point x.

46. Pour connaître la véritable position du point (x, x') dans l'angle ikl, on supposera que cet angle tourne autour de la droite ik comme charnière, pour se rabattre sur ikn. Dans ce mouvement, le point x' décrit un arc de cercle et vient se rabattre en c' : la verticale qui passe par le point x' passe alors par le point c', et son extrémité supérieure, c'est-à-dire le point (x, x'), tombe en un certain point y, que l'on obtient évidemment (1), en menant, par le point a, une parallèle à la ligne de terre, jusqu'à sa rencontre avec la verticale qui passe par le point c'.

47. Soient maintenant a, a' (fig. 21), les projections du point connu, et ikl, un plan *recto-normal* (2) sur lequel on veut construire les projections du point (a, a'). Menez, par le point a, la ligne ax perpendiculairement à la droite ik ; par le point a', menez une parallèle à la ligne de terre, et, du point x', avec l'horizontale que vous venez de mener : le point x sera la projection verticale, et le point x', la projection horizontale du point où, sur le plan ikl, se projette le point (a, a').

48. Pour connaître la véritable position du point (xx'') dans l'angle ikl, du point k, comme centre avec kx pour rayon, décrivez l'arc xc' ; menez par le point c, une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre au point y avec l'horizontale qui passe par le point a' : le point y ainsi obtenu sera situé dans l'angle $c'kl$, comme le point (x, x') est situé dans l'angle ikl ; ce serait celui sur lequel le point (x, x')

(1) Cela tient à ce que le point (xx') reste à la même hauteur pendant toute la révolution de l'angle ikl.

(2) On nomme quelquefois recto-normal un plan perpendiculaire au plan vertical coordonné, lorsque sa trace, sur ce plan, n'est pas horizontale ; car alors il est horizontal lui-même.

viendrait se rabattre, si l'angle *ikl* tournant autour de *kl*, comme charnière, venait lui-même se rabattre sur le plan horizontal.

49. En comparant l'une à l'autre, les figures 20 et 21, on doit voir que, pour transporter sur un plan recto-normal les projections d'un point, il faut exécuter les opérations semblables à celle qu'on emploie pour transporter, d'un plan vertical sur un autre, l'élévation d'un point. Cela tient à ce que les plans recto-normaux sont, par rapport au plan vertical sur lequel le point connu est projeté, ce que tous les plans verticaux sont par rapport au plan horizontal.

Utilité des plans auxiliaires.

50. Il arrive fréquemment que l'on n'est pas maître de choisir pour plans coordonnés le système de plans sur lesquels la figure à projeter se projetterait avec le plus de facilité. Ce qu'il y a de mieux à faire, quand on se trouve dans une circonstance semblable, c'est de construire, sur les plans coordonnés dont on doit se servir, les traces du plan particulier qu'on regarde comme le plus avantageux pour recevoir la projection dont on a besoin : on rabat ensuite le plan auxiliaire sur l'un des plans coordonnés; puis, au moyen de ce rabattement, on construit (nº 43) les projections qu'on voulait avoir. Expliquons ceci par un exemple.

51. Supposons que la figure à projeter soit un cercle, dont on connaît le rayon, et dont on a projeté le centre sur les deux plans coordonnés : il est évident que si l'un des plans coordonnés était parallèle au plan du cercle, il suffirait, pour avoir la projection de la circonférence sur ce plan, de décrire, autour de la projection connue du centre, un cercle égal à celui qu'on veut projeter. Pour avoir l'autre projection de la même figure, on prendrait sur une ligne parallèle à la ligne de terre, menée par la seconde projection du centre, et de part et d'autre de ce point, des longueurs égales au rayon.

52. *Construire les projections d'un cercle dont le plan vertical n'est pas parallèle au plan coordonné.* — Soient *st* (fig. 22) la ligne de terre, *o* et *o'* les projections du centre, et *ikl* le plan du cercle. Du point *k*, avec un rayon égal à *ko'* décrivez l'arc *o'r*; élevez au point *r* une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point *o''*, avec une horizontale menée par le point *o* : ce point *o''*, sera ce que devient le centre du cercle, quand l'angle *ikl* se rabat sur *ikt*. Cela posé, tracez autour du point *o''* le cercle dont vous voulez établir les projections, et, prenant un point *m''*

sur la circonférence, abaissez du point *m''* la verticale *m'' p*; décrivez, du point *k* comme centre, l'arc *pm'*; menez par le point *m'* une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre au point *m*, avec l'horizontale qui passe par le point *m''* : les points *m* et *m'* seront les deux projections du point de la circonférence qui se rabattrait au point *m''*. Les projections des autres points de la circonférence se déterminant de même, le problème ne saurait offrir aucune difficulté.

53. *Déterminer les projections d'un cercle situé dans un plan perpendiculaire au plan vertical de projection.* — Soient *st* la ligne de terre (fig. 23), *o* et *o'* les projections du centre et *i k l* le plan du cercle. Du point *k*, avec un rayon égal à *k o*, décrivez l'arc *o r*; menez par le point *r* une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point *o''* avec une horizontale menée par le point *o'* : ce point *o''* sera ce que devient le centre du cercle quand l'angle *i k l*, tournant autour de *k l*, se rabat sur *l k t*. Cela posé, tracez autour du point *o''* le cercle dont vous voulez établir les projections, et, prenant un point *m''* sur la circonférence, menez par le point *m''* la verticale *m'' p* ; décrivez, du point *k* comme centre, l'arc *p m*; menez par le point *m* une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point *m'*, avec l'horizontale qui passe par le point *m''*: les points *m* et *m'* seront les deux projections d'un point de la circonférence. Les projections des autres points se déterminent de la même manière.

54. *Trouver les projections d'un cercle dont le plan n'est perpendiculaire à aucun des plans coordonnés.* — Soient *xy* (fig. 24) la ligne de terre, *o* et *o'* les projections du centre, et *ikl* le plan du cercle. Déterminez, comme il a été dit nº 42, le rabattement *l k m* du plan *ikl* sur le plan horizontal; élevez au point *o'*, sur *b' a'*, une perpendiculaire que vous prolongerez jusqu'à la ligne *b' a''*, au point *z*, et prenez sur *b' a''*, la ligne *b' o''* égale à la ligne *b' z*: le point *o''* sera le centre du cercle rabattu sur le plan horizontal. Cela fait, décrivez autour du point *o''* une circonférence égale à celle dont il faut trouver les projections; il ne vous restera plus qu'à trouver les projections des différents points de cette circonférence. Pour trouver la projection horizontale du point *n''*, abaissez de ce point, sur *k l*, une perpendiculaire *n'' p f*; du point *p*, menez une ligne *pq* parallèle à *b' a''*; prenez sur cette ligne une longueur *p s* égale à *p' n''*; abaissez enfin du point *s*, sur *n'' p f*, une perpendiculaire *s n'*, dont le pied *n'* sera la projection horizontale demandée. Pour avoir la projection verticale du même point, menez

par le point n' la ligne $n' t'$ parallèle à la trace lk; par le point t' menez une verticale jusqu'à sa rencontre avec la trace $k i$, au point t; par le point t menez l'horizontale $t v$, et du point n' abaissez sur cette horizontale la perpendiculaire $n' n$, dont le pied n sera la projection verticale demandée. Les projections horizontales et verticales de tous les autres points s'obtiennent de la même manière.

PROJECTION DES CORPS ET DE LEURS INTERSECTIONS.

55. Il y a plusieurs espèces de corps. Les uns sont terminés par des surfaces planes : ce sont les polyèdres. Les autres ont leurs surfaces courbes, et se distinguent par la nature de cette surface : tels sont les cylindres, les cônes, les solides de révolution, etc. Quelquefois la surface d'un corps a des parties planes et des parties courbes.

1° Projections des Polyèdres.

56. Pour projeter un polyèdre, il suffit de projeter tous ses sommets; car la position des sommets déterminera celle des arêtes, et les arêtes détermineront les faces. Considéré d'une manière générale, le choix des plans coordonnés est une chose indifférente; mais comme il s'agit ici, non pas de généralités, mais d'applications, on conçoit qu'il faut chercher à profiter de toutes les circonstances qui peuvent abréger le travail de l'opérateur. Ainsi, par exemple, si le polyèdre contient un grand nombre de lignes parallèles entre elles, comme cela arrive fréquemment aux pièces de charpente, on conçoit qu'en choisissant un plan de projections parallèle à la direction de ces lignes, il y aura un avantage réel pour le charpentier, puisque toutes ces lignes seront projetées sur ce plan dans leur véritable grandeur.

57. *Supposons qu'on veuille construire les projections d'un prisme oblique ayant pour base un pentagone.* — On placera (fig. 25) la base du prisme dans le plan horizontal de projection, et l'on choisira pour plan vertical coordonné un plan parallèle aux arêtes latérales. Alors, si $a'\ b'\ c'\ d'\ e'$ est la place occupée par la base inférieure du prisme, il est évident que la base supérieure étant parallèle au plan horizontal, il suffira, pour avoir sa projection verticale, de mener d'abord à la ligne de terre une parallèle xy qui en soit éloignée d'une quantité égale à la hauteur du prisme; de projeter ensuite les points a', b', c', d', e', sur la ligne de terre, et de mener enfin par les points a, b, c, d, e, ainsi obtenus, des parallèles am, bn, co, dp, eq, qui soient in-

clinées sur la ligne de terre, comme les arêtes qu'elles représentent le sont sur les bases du prisme. Ces parallèles rencontrent la ligne *xy* en des points *m, n, o, p, q,* qui seront les projections verticales des sommets de la base supérieure. Pour avoir les projections horizontales correspondantes *m', n', o', p', q',* par les points *m, n, o, p, q,* menez des verticales, jusqu'à leurs rencontres en *m', n', o', p'* et *q',* avec les horizontales parties respectivement des points *a, b, c, d, e.*

58. Les projections d'un corps peuvent être regardées comme deux perspectives, dont les points de vue seraient à des distances infiniment grandes, l'un en-deçà du plan vertical, l'autre au-dessus du plan horizontal. Considérées ainsi, on est convenu de tracer en lignes pleines les lignes qui sont censées être vues, et d'exprimer par des lignes ponctuées celles que l'on regarde comme cachées.

La figure 26 représente les projections d'une pyramide. Comme toutes les arêtes de ce corps concourent à un même point, tout ce que l'on a pu faire pour en simplifier les projections, c'est de prendre, pour y projeter la pyramide, un plan vertical parallèle à une des arêtes latérales. Cette arête que l'on reconnaît à sa projection horizontale qui est parallèle à la ligne de terre, est la seule qui ne se dessine pas en raccourci sur le plan vertical de projection.

59. *Si la pyramide, au lieu d'avoir sa base sur le plan horizontal, l'avait sur un plan incliné, ses projections pourraient s'obtenir de la manière suivante.* — Prenez d'abord pour plan vertical coordonné un plan perpendiculaire au plan de la base, et construisez les traces *ik*, *kl* (fig. 27) de ce plan que vous avez rendu recto-normal, puis, dans l'angle *lkm*, rabattement supposé du plan *ikl*, dessinez exactement la base *a'', b'', c'', d''* de votre pyramide, ainsi que la projection *t''* de son sommet.

Alors, pour avoir la projection verticale *a* du point *a''*, projetez ce point *a''*, en *a''*, sur la ligne de terre, et prenez la distance *ka* égale à *ka'''*.

Pour avoir la projection horizontale *a'* du même point, abaissez, du point *a,* une perpendiculaire à la ligne de terre, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, en *a',* avec une autre perpendiculaire suffisamment prolongée et menée du point *a'',* sur la trace *kl.*

Les projections verticales et horizontales des autres sommets de la base ayant été construites de la même manière, pour obtenir celles du sommet, projetez le point *t''* sur la ligne de terre en *t'''*; prenez la distance *kt* égale à *kt'''*;

élevez au point t une perpendiculaire ts égale à la hauteur de votre pyramide, et prolongez, jusqu'à leur rencontre mutuelle en s', deux perpendiculaires recpectivement abaissées, des points s et t'', sur la ligne de terre et sur la trace lk : les points s et s' ainsi obtenus seront les deux projections du sommet de la pyramide, dont les projections se complètent en joignant, sur chaque plan coordonné, la projection du sommet aux projections des différents sommets de la base.

60. *Supposons maintenant que le plan de la base de la pyramide ne soit perpendiculaire à aucun des plans coordonnés*, et soient ik, kl (fig. 28) les traces du plan de la base, lkm le rabattement de ce plan, a'' b'' c'' d'' la position de la base dans l'angle ikl, et t'' la projection du sommet de la pyramide sur le plan de la base. Pour avoir les deux projections, déterminez d'abord, comme dans le nº 43, les projections horizontale et verticale a' et a, b' et b, c' et c, d' et d de chacun des points a'' b'' c'' d'' ; puis les projections t' et t du point t''. Alors, des points t' et t menez respectivement, sur les traces kl et ik, les perpendiculaires t' x' et tx : il ne vous restera plus qu'à chercher, d'après le nº 34, les projections s' s d'un point (s, s) de la droite $(tx, t'x')$, qui soit distant du point (t, t) d'une quantité égale à la hauteur de la pyramide ; car, en joignant le point s à chacun des points a, b, c, d, l'opération sera terminée.

61. *Projection d'un prisme à base inclinée.* — *Soient* ik, kl (fig. 29) les traces du plan de la base, lkm le rabattement supposé de l'angle ikl ; a'' b'' c'' d'' la place occupée dans cet angle par la base du prisme, et t'' la projection, sur le même plan, de l'extrémité de l'arête latérale qui se termine au point a''. Pour avoir les deux projections du prisme, déterminez, comme dans le nº 43, les projections verticale et horizontale des points a'', b'', c'', d'', puis la projection verticale t du point t'' ; élevez ensuite au point t, sur ik, une perpendiculaire ts égale à la hauteur du prisme ; menez, par le point s, la ligne gh parallèle à ik : joignez le point a au point s, et, par les points b, c, d, menez à la ligne as, des parallèles qui, par leur rencontre avec rh, aux points u, v, x, détermineront les projections verticales des sommets situés sur la base supérieure du prisme : ils compléteront l'élévation de ce corps. Pour avoir la projection horizontale de la même base supérieure, il suffit de déterminer le point s' comme dans le numéro précédent ; de joindre le point a' au point s', et de mener par les points b', c' et d' des lignes b', u', c' v', d' x', toutes égales et parallèles à la ligne a' s'. Le polygone s' u' v' x' sera la projection horizontale deman-

dée. Si l'on a bien opéré, les points *u* et *u'*, *v* et *v'*, *x* et *x'* doivent déterminer trois parallèles perpendiculaires à la ligne de terre.

62. ***Si le plan de la base du prisme n'était perpendiculaire à aucun des plans coordonnés***, pour en construire les projections, il faudrait, outre les traces du plan et de la base et la position de la base sur ce plan, connaître au moins la hauteur du prisme, ainsi que la direction des arêtes latérales; ou bien la projection d'un des sommets de la base supérieure sur le plan de la base inférieure, ainsi que l'élévation de ce point au-dessus de la base. Supposons que ce soit ceci que l'on connaisse : déterminez (fig. 30), de la même manière que dans le n° 60, les projections *a' b' c' d'* et *a b c d* de la base du prisme, ainsi que les projections *s'*, et *s* du point (*s*, *s'*), comme si ce devait être le sommet d'une pyramide. Ensuite si le point (*s*, *s'*) est le sommet de la base supérieure qui correspond au point (*a*, *a'*); tirez *a s* et *a' s'* : il ne vous restera plus qu'à mener par les points *b*, *c*, *d*, des ligne *bu*, *cv*, *dx*, égales et parallèles à *a s*; et par les points *b'*, *c'*, *d'*, d'autres lignes *b' u'*, *c' v'*, *d' x'*, égales et parallèles à *a' s'* : les points *s*, *u*, *v*, *x*, ainsi que *s'*, *u'*, *v'*, *x'*, seront les projections des sommets de la face supérieure du prisme, et, quand on aura tiré *s u*, *uv*, *xs*, ainsi que *s u'*, *uv'*, *v x'*, et *x' s'*, l'opération sera terminée.

2° Projection du cylindre, du cône et de la sphère.

63. *Projection d'un cylindre.*—Supposons d'abord (fig. 31) que la base *a' b' c' d'* soit horizontale, et que le cylindre soit droit; on pourra prendre le plan de la base pour plan horizontal coordonné : alors cette base *a' b' c' d'* sera elle-même la projection horizontale du cylindre. Pour avoir son élévation, menez les deux tangentes verticales *a'* A, *c'* C, s'élevant au-dessus de la ligne de terre, de quantités *a* A, *c* C, qui soient égales à la hauteur du cylindre; puis joignez le point A au point C : vous obtiendrez ainsi le rectangle A *a c* C, qui est la projection verticale demandée.

64. ***Si la base était horizotale et que le prisme ne fût pas droit, il faudrait opérer de la manière suivante.*** — Sur le plan horizontal coordonné, dessinez exactement (fig. 32) la base *a' b' c' d'* de votre cylindre; puis, après avoir indiqué l'extrémité inférieure *a'* de l'une des génératrices, déterminez la projection horizontale *m'* de l'extrémité supérieure de la même droite et mesurez l'élévation de ce point, c'est-à-dire la hauteur du corps. Ensuite, par le point *m'*, menez

sur la ligne de terre une perpendiculaire, et prolongez-la sur le plan vertical, d'une quantité *m''m* égale à la hauteur trouvée; menez, par le point *m*, une horizontale *xy*; puis, après avoir mené, dans le plan horizontal, les tangentes verticales *c' c*, *b' b*, projetez le point *a'* sur la ligne de terre, au moyen de la verticale *a' a*; joignez le point *a* au point *m*, et, par les points *c* et *b*, menez à la ligne *am* des parallèles *cr*, *bs*, qui, par leur rencontre avec la ligne *xy*, détermineront l'horizontale limitée *rs*, projection verticale de la base supérieure du cylindre.

Pour avoir la projection horizontale de la même base, prenez sur la base inférieure un point (*d*, *d'*); tirez *dn* parallèle à *am*, et *d'z'* parallèle à *a'm'* : le point *n* sera la projection verticale de l'extrémité supérieure de la génératrice qui passe par le point (*d*, *d'*); et si l'on abaisse, du point *n*, une perpendiculaire à la ligne de terre, cette perpendiculaire prolongée rencontrera la droite *d'z'* en un point *n'*, qui sera la projection horizontale de l'un des points de la base supérieure. Les autres points de la même projection se déterminent de la même manière.

65. On eût pu se contenter de mener la ligne *d' n'* égale et parallèle à la ligne *a' m'*; mais en indiquant la construction précédente, nous avons voulu mettre le lecteur en état de construire, quand bon lui semblera, les projections coordonnées d'une même génératrice. Il les obtiendra toujours en menant, par des projections coordonnées d'un même point de la base, des droites parallèles à la direction des projections des génératrices sur des plans correspondants.

66. Si l'on compare les opérations à faire pour avoir les projections d'un cylindre, avec celles qui sont nécessaires pour obtenir les projections d'un prisme, il est impossible de ne pas remarquer l'analogie presque complète qui existe entre les deux systèmes d'opérations. Cela tient à ce qu'un cylindre est un véritable prisme dont la base est un polygone d'un nombre infini de côtés; par conséquent, si le lecteur a bien compris les numéros 61 et 62, il n'éprouvera aucune difficulté pour *obtenir les deux projections d'un cylindre à base inclinée.* Nous l'invitons à essayer cette nouvelle épure sans modèle, en supposant cette base située d'abord sur un plan recto-normal, puis sur un plan vertical, puis enfin sur un plan incliné d'une manière quelconque.

67. *Projections du cône.* — L'analogie qui existe entre le cylindre et le prisme, existe pareillement entre le cône et la pyramide; puisque un cône est une véritable pyramide dont la base est un polygone d'un nombre infini de côtés.

Consigner ici ce qu'il faut faire, pour obtenir les projections d'un cône, ainsi que la manière d'avoir les projections coordonnées d'une même génératrice, serait donner au lecteur des indications dont il n'a pas besoin, s'il a bien compris ce qui précède. Nous l'engageons toutefois à chercher les projections d'un cône, en supposant sa base successivement située sur le plan horizontal coordonné, sur un plan recto-normal, sur un plan vertical non parallèle à la ligne de terre, et enfin sur un plan incliné d'une manière quelconque.

68. *Projections de la sphère et des solides de révolution.* — Quels que soient les plans coordonnés qu'on choisisse, la projection d'une sphère sur chacun d'eux, est un cercle dont le rayon est égal à celui de la sphère. Rien n'est donc plus facile que d'obtenir les projections de ce corps; puisqu'il suffit de connaître son rayon et les deux projections de son centre. Ainsi, par exemple, les deux cercles égaux o et o' seront, si l'on veut, les deux projections d'une sphère dont le diamètre serait égal à az.

69. Si nous supposons que le demi-cercle $abdz$ tourne autour de l'axe vertical az, la sphère se confondant avec le solide engendré par cette révolution, on pourra regarder la surface comme entièrement recouverte par les circonférences parallèles que décrivent les différents points de la demi-circonférence génératrice. Ces circonférences parallèles ont pour projections verticales des droites parallèles à la ligne de terre; et pour projections horizontales, des circonférences concentriques qui ont pour rayons les distances à l'axe de leurs points générateurs. Ainsi, la circonférence décrite par le point d a pour projection verticale l'horizontale de, et pour projection horizontale la circonférence $o'd'$ dont le rayon $o'd'$ est égal à la distance di. On peut remarquer que les circonférences parallèles engendrées par deux points d et m, également éloignés de l'axe, ont la même circonférence pour projection horizontale.

70. *Cela posé, soit proposé de trouver la projection verticale du point de la surface d'une sphère qui se projette horizontalement au point p'.* — Du point o' comme centre, décrivez d'abord un cercle qui ait pour rayon la distance $o'p'$: ce sera la projection horizontale de la circonférence parallèle, sur laquelle est situé le point dont on cherche la projection verticale. Menez ensuite au cercle $o'p'$ des tangentes verticales, jusqu'à leurs rencontres aux points m et n, ou bien d et e, avec la circonférence $abze$, et tirez les horizontales mn, de, vous aurez en elles les projections verticales des circonférences parallèles qui ont pour projection horizontale

commune la circonférence $o'p'$. Il ne vous restera plus qu'à mener, par le point p', une verticale jusqu'à sa rencontre, au point p et q, avec les deux lignes mn et de; alors p avec p' seront les deux projections d'un point de la surface de la sphère, et q avec p' seront les projections coordonnées d'un second point de la même surface.

71. La courbe $aqpz$ représente la projection verticale de la génératrice, quand elle est arrivée à la position où elle se projette horizontalement suivant le rayon $o'r'$. Pour obtenir cette courbe, il suffit de faire, pour les différents points de $o'r'$, ce qui vient d'être fait pour le point p'.

72. Si avant de faire tourner la demi-circonférence $adbz$ autour de la droite az, on substituait à cette circonférence une toute autre courbe, cette nouvelle courbe en tournant autour de az, engendrerait également une surface entièrement formée de circonférences parallèles. Un corps terminé par une surface ainsi engendrée, est ce que l'on appelle en général un *solide de révolution*. Un ellipsoïde est le solide de révolution qu'engendre une moitié d'ellipse tournant, soit autour de son grand axe, soit autour de son petit axe ; la terre est un ellipsoïde de ce dernier genre. Un anneau est un solide de révolution dont la surface est engendrée par une circonférence entière tournant autour d'un axe extérieur. Tous les objets fabriqués sur le tour sont enfin des solides de révolution. Pour avoir la projection verticale d'un solide de révolution, on dessine de part et d'autre d'un axe vertical la figure de sa génératrice; et, pour avoir la projection horizontale, on trace autour du point, où l'axe vertical se projette horizontalement, un cercle égal à celui que décrit celui des points de la génératrice qui est le plus éloigné de l'axe. On donne ensuite, si l'on veut, une espèce de relief à la projection verticale, en construisant les projections de la génératrice dans un certain nombre de positions.

Section faite à la surface d'un corps par un plan qui la rencontre.

73. Lorsque le corps rencontré par le plan sécant est un polyèdre, il est toujours facile de trouver les projections des points où ce plan coupe les différentes arêtes du polyèdre, et de construire, par conséquent, le périmètre ou contour de la section : on peut cependant simplifier beaucoup les opérations, en prenant pour plan vertical coordonné un plan perpendiculaire au plan sécant.

74. *Soit proposé, par exemple, de déterminer la section faite dans le prisme pentagonal oblique représenté figure 34,*

par le plan recto-normal, ayant pour trace verticale la droite xy. — Ce plan coupe évidemment certaines arêtes en des points ayant pour projections verticales les points m, n, p, q, r, dont les projections horizontales coordonnées sont m', n', p', q', r' : ainsi le polygone m', n', p', q', r', est la projection horizontale de la section demandée, section qui a d'ailleurs évidemment pour projection verticale la droite mp.

En effectuant (nº 42) le rabattement, sur le plan vertical, des différents sommets de cette section, il serait facile de la construire elle-même dans sa véritable grandeur.

75. Par le même procédé, on peut trouver la section faite par un plan dans un polyèdre quelconque, pourvu que le plan soit perpendiculaire à un des plans coordonnés (1). Quant aux sections faites à la surface d'un cylindre ou d'un cône, on conçoit aisément que, pour les obtenir, il suffit de construire les intersections avec le plan proposé d'un certain nombre de génératrices que l'on se donne arbitrairement.

76. Les figures 35 et 36 représentent respectivement les sections faites par des plans recto-normaux dans un cylindre et dans un cône. On voit les rabattements, sur l'un des plans coordonnés, des courbes de section : ces deux courbes sont deux ellipses. Le même cône, coupé d'une autre manière, aurait pu donner pour section une courbe d'une espèce différente de celle de l'ellipse ; mais, quelle que soit la nature de la section, on l'obtient toujours au moyen des mêmes constructions.

77. *Section faite dans un solide de révolution.* — Soit (fig. 37) xy la trace du plan sécant ; il est évident que la droite rs est la projection verticale de la section demandée. Pour avoir la projection horizontale de la même coupe, par un point quelconque a de la droite rs, menez l'horizontale mn, ce sera la projection verticale de l'une des parallèles de la surface ; et la projection horizontale du même cercle s'obtiendra en décrivant, du point o' comme centre, une circonférence dont le rayon soit égal à mi. Il ne restera plus qu'à mener par le point a une verticale, jusqu'à la rencontre de cette circonférence aux points a' et a'', pour avoir les pro-

(1) Si le plan sécant était incliné sur les deux plans de projections, on construirait perpendiculairement au plan donné, un autre plan vertical sur lequel on transporterait la projection du corps, ainsi que la trace du plan ; puis, après s'en être servi pour trouver la projection horizontale de la section cherchée, on se servirait de celle-ci pour trouver, sur le plan vertical coordonné primitif, la projection verticale qui correspond à la projection horizontale trouvée.

jections horizontales des deux points de la section qui ont pour projection verticale commune le point a. Ces deux points obtenus, on en trouvera de la même manière autant d'autres qu'on le jugera convenable.

Intersection mutuelle des surfaces de deux corps, ou pénétration d'un corps dans un autre.

78. La ligne suivant laquelle se coupent deux surfaces est entièrement formée de points situés sur ces deux surfaces : ainsi, le problème de la pénétration des corps revient à celui-ci : trouver un point qui appartienne à la fois à la surface des deux corps donnés ; car, une fois un premier point trouvé, il suffira de recommencer l'opération pour en trouver autant d'autres qu'on en aura besoin.

Désignons en général les deux corps par A et par B ; il sera facile de déterminer la section faite dans chacun de ces corps par un plan quelconque C : soit a et b les sections correspondantes aux deux corps A et B. Si les lignes a et b n'ont pas de points communs, c'est qu'elles ne contiennent ni l'une ni l'autre aucun des points qui forment la pénétration demandée. Si les mêmes lignes a et b ont au contraire des points communs, tous ces points appartiendront à l'intersection des deux surfaces. D'après cela, si l'on coupe successivement les deux corps A et B par un grand nombre de plans C', C'', C''', etc., il est évident que prises deux à deux, les sections a' avec b', a'' avec b'', a''' avec b''', etc., par leurs intersections, quand elles se coupent, ne tarderont pas à déterminer complètement l'intersection mutuelle des surfaces des deux corps.

79. Au lieu de couper les corps A et B par une suite de plans, C, C', C'', on les coupe quelquefois par des surfaces auxiliaires autres que des surfaces planes ; parce qu'il en résulte des constructions plus faciles à exécuter.

80. En supposant qu'on ne se serve que de plans, il est bon de les choisir de façon à obtenir le plus aisément possible les sections a et b. Si, par exemple, les corps donnés sont deux cylindres, en prenant un plan auxiliaire C au hasard, ce plan couperait presque toujours les deux cylindres A et B suivant deux ellipses a et b que l'on ne peut trouver qu'avec peine. En choisissant, au contraire, pour plan C, un plan parallèle aux génératrices des deux cylindres, ce plan auxiliaire ne les coupera tous deux que suivant des lignes droites faciles à obtenir.

81. S'il s'agissait de voir la pénétration de deux cônes, il

serait bon de faire passer les plans auxiliaires par les sommets des deux cônes.

82. S'il s'agissait enfin d'un cône et d'un cylindre, on ferait passer les plans auxiliaires par le sommet du cône, en ayant soin de les prendre parallèles aux génératrices du cylindre. Au reste, l'habitude des opérations de ce genre suffit pour faire trouver à l'opérateur le système des constructions qui conviennent le mieux, dans chaque circonstance particulière où il a besoin de recourir à la méthode des projections.

PROJECTIONS OMBRÉES.

Fixation de la limite des ombres.

83. Il est quelquefois nécessaire d'ombrer les projections des corps, afin de rendre ces projections plus intelligibles. Quand cela arrive, ce qui est assez rare pour le chapentier, à moins qu'il ne soit aussi entrepreneur de bâtiments, on suppose presque toujours que le corps dont on veut ombrer les projections, est éclairé par le soleil, et que la direction des rayons parallèles émanés de cet astre est telle, que chaque rayon projeté sur les deux plans coordonnés y fait (du côté de gauche) un angle de 45 degrés avec la ligne de terre. Le corps, dans cette hypothèse, projette son ombre à sa droite et derrière lui.

84. Si l'on eût supposé le corps éclairé par derrière, les projections des rayons lumineux, restant inclinées de 45 degrés avec la ligne de terre, fussent devenues parallèles entre elles. Cela eût été avantageux sous le rapport du trait; mais cet avantage eût été contre-balancé, et au-delà, par un inconvénient qui en fût résulté pour les dessins ombrés. Cet inconvénient consiste en ce que la partie visible de l'élévation des corps eût été, dans ce cas, la partie privée de lumière. Nous nous en tiendrons à la première hypothèse.

85. Dans l'une comme dans l'autre, rien n'est plus facile que de construire des projections du rayon de lumière qui passe par un point donné : il suffit, en effet, de mener, par les projections de ce point, des lignes qui fassent, avec la ligne de terre, et du côté convenu, des angles de 45 degrés.

Rien n'est plus facile encore que de trouver l'ombre portée par un point sur un plan quelconque; puisque tout se réduit à construire le rayon de lumière qui passe par ce point, et à trouver (nº 22) le point de rencontre de la droite ainsi construite avec le point donné, dont on est censé connaître les traces.

86. Quand les traces d'un plan sont inconnues, et que l'on connaît seulement (fig. 38) les projections coordonnées $abcde$, $a'b'c'd'e'$ d'une figure située sur sa surface, pour obtenir le point où il est rencontré par une droite $(rs, r's')$, voici comment on opère, quand on ne veut pas recourir à la détermination préalable des traces.

On cherche les projections horizontales m', n' qui correspondent aux points m et n, où le périmètre $abcde$ est rencontré par la projection rs ; on joint ensuite le point m' au point n', et l'on prolonge $m'n'$ ainsi que $r's'$ jusqu'à leur rencontre au point x', qui a pour coordonné, sur rs, le point x.

De cette manière, on obtient en général un point (x, x') qui est celui où la droite rencontre un plan. Si ce point (x, x') ne pouvait s'obtenir, la droite serait parallèle au plan : s'il se trouvait placé hors de la figure, ce serait une preuve que la droite donnée ne rencontre pas la figure donnée, quoiqu'elle en rencontre le plan prolongé.

87. Occupons-nous maintenant de construire (fig. 39) l'intersection d'une droite $(fg, f'g')$ avec la surface d'un polyèdre. Pour cela, déterminons d'abord les projections horizontales m', n', o', i', qui correspondent aux différents points m, n, o, i, où la droite fg rencontre les arêtes projetées verticalement ; puis, joignant entre eux ceux de ces points qui sont situés sur une même face du polyèdre, construisons la figure $m'n'o'i'$: ce sera la projection horizontale de la section faite, dans le polyèdre, par le plan qui projette verticalement la droite donnée. Or, le polygone $m'n'o'i'$ rencontre ici la projection $f'g'$ en deux points x', z' ayant pour coordonnés sur fg les points x, z' ; donc chacun des points (x, x'), (z, z') que nous avons trouvés, est un des points où la droite donnée rencontre la surface du polyèdre dont nous avions les projections.

88. Pour trouver l'ombre portée par un point sur un cylindre, sur un cône ou sur une surface quelconque de révolution, il faut être en état de résoudre les trois nouveaux problèmes dont nous allons nous occuper, et qui trouvent fréquemment leur application dans la charpenterie.

89. *Trouver la rencontre d'une droite* $(ab, a'b')$ *avec la surface d'un cylindre* (fig. 40). — Déterminez la trace horizontale $m'n'$ d'un plan mené par la droite donnée parallèlement aux génératrices du cylindre : cette trace coupera la trace du cylindre en des points $c'd'$, ayant pour coordonnés, sur le plan vertical, les points c et d. Si par les points c' et d', vous menez ensuite des génératrices, elles

rencontreront la projection $a'b'$ en des points x', y', qui seront les projections horizontales des points cherchés. Les projections verticales correspondantes s'obtiendront de la même manière ; et si l'on a bien opéré, les points x et x', ainsi que y et y', seront sur les deux mêmes perpendiculaires à la ligne de terre.

La ligne donnée ne rencontrerait pas le cylindre, si ces projections ne rencontraient pas celle de ce corps, ou même si la droite $m'n'$ ne rencontrait pas la trace horizontale de la surface cylindrique.

90. *Trouver la rencontre d'une droite* (ab, $a'b'$) *avec la surface d'un cône* (fig. 41). — Déterminez la trace horizontale $m'n'$ d'un plan mené par la droite donnée et par le sommet (s, s') du cône : cette trace coupera généralement la trace de la surface conique en deux points c' et d', qui ont pour projections verticales les points c et d. Si, par les points (c, c'), (d, d'), vous construisez enfin deux génératrices, les points (x, x'), (y, y'), où ces génératrices rencontreront la ligne (ab, $a'b'$), seront précisément les points demandés.

91. Presque toujours une droite pénètre un corps en plusieurs points : ces points de pénétration se distinguent quelquefois en points d'entrée et points de sortie.

92. Quand la droite dont on cherche la pénétration dans un corps, représente un rayon de lumière qui passe par un point dont on cherche l'ombre portée, c'est le point de pénétration le plus voisin de ce point qui en représente l'ombre projetée.

93. *Trouver la rencontre d'une droite* (ab, $a'b'$) *avec une surface de révolution* (fig. 42). — Déterminez (n° 77) la projection horizontale $m'n'o'p'$ de la section faite dans le solide donné par le plan qui projette la droite verticalement : le périmètre de cette section rencontrera généralement la projection $a'b'$ en deux points x' et y' qui sont des projections horizontales des points demandés. Les projections verticales correspondantes x et y s'obtiennent ensuite, en menant à la ligne de terre des perpendiculaires que l'on prolonge chacune, jusqu'à son intersection avec la droite ab.

94. Les constructions précédentes sont applicables à tous les corps imaginables ; mais appliquées au cylindre ou au cône, elles sont plus pénibles que celles dont nous nous sommes servi, nos 80 et 81.

95. Maintenant, le problème de la détermination rigoureuse de la limite des différentes ombres d'un corps mis en projection, ne saurait offrir de difficulté au lecteur, familiarisé avec les idées qu'il faut attacher à ces expressions : sépara-

tion d'ombre et de lumière, ombre propre, ombre portée ou projetée.

96. Pour le résoudre, on doit commencer par construire une suite de plans parallèles aux rayons de lumière ; on détermine ensuite l'intersection de chaque plan avec la surface du corps éclairé, ainsi qu'avec celle du corps qui reçoit l'ombre portée ; on mène enfin, à la première section, des tangentes parallèles aux rayons de lumière, en ayant soin de les prolonger jusqu'à la deuxième section obtenue : les points de rencontre que l'on obtient sur cette dernière figure, sont les ombres portées sur le second corps par les points de contact des tangentes, points qui font eux-mêmes partie, sur ce premier corps, de la ligne qui sépare l'ombre de la lumière.

97. De toutes ces opérations, la plus pénible est celle qui consiste à trouver la section faite dans les deux corps par chacun des plans de la série dont on se sert; aussi doit-on s'appliquer à simplifier cette partie du travail, en choisissant les plans sécants parallèles aux rayons de lumière, de manière à obtenir, le plus aisément possible, les sections dont on a besoin.

98. *Soit proposé, pour unique exemple, de construire sur un solide de révolution, la ligne qui sépare l'ombre de la lumière, ainsi que l'ombre portée par cette ligne sur les deux plans coordonnés.* — On choisira pour plans sécants les plans recto-normaux qui ont pour traces des lignes parallèles à la projection verticale des rayons de lumière : chacun de ces plans coupera le corps suivant une courbe dont on construira aisément (n° 77) la projection horizontale, au périmètre de laquelle on mènera des tangentes dont les points de contact auxquels correspondent des points coordonnés, faciles à trouver, feront connaître deux des points de la ligne cherchée. Les autres points de cette ligne s'obtiendront tous de la même manière.

En construisant (n° 7) les points où les rayons lumineux qui passent par les différents points de la ligne trouvée, rencontrent un des plans coordonnés, on obtient ensuite aisément la limite de l'ombre que le solide de révolution projette sur l'un ou l'autre des plans de projections, ou sur tous les deux, si l'ombre portée se trouve répartie sur les deux plans coordonnés.

99. Il n'est pas toujours nécessaire de recourir aux constructions du n° 7, pour obtenir les ombres que les points de la séparation d'ombre et de lumière projettent ou peuvent projeter sur les plans coordonnés. En effet, lorsque la

lumière arrive à l'objet dessiné, de manière que les projections des rayons lumineux rencontrent toutes deux la ligne de terre sous un angle de 45 degrés, l'ombre portée par un point quelconque sur l'un des plans coordonnés, est toujours distant de la projection de ce point d'une quantité précisément égale à la quantité dont l'autre projection est éloignée de la ligne de terre. De même, l'ombre portée d'un point sur un plan parallèle à l'un quelconque des plans de projection, est toujours aussi loin de la projection sur ce plan du point qui y projette son ombre, que ce point lui-même est éloigné du plan qui en reçoit l'ombre portée.

100. Ainsi, qu'un édifice, comme cela est fort ordinaire, ne présente pas de surfaces courbes sur lesquelles il y ait des séparations d'ombre et de lumière difficiles à déterminer, rien ne sera plus facile que d'indiquer les ombres portées, soit sur des plans horizontaux, soit sur des plans parallèles au plan vertical coordonné : il suffira pour cela, de chercher sur chacune des projections quelle est la saillie qui représente la distance à mettre, sur l'autre projection, entre la projection d'un point et son ombre. Ce travail n'exige pas que les deux projections que l'on veut ombrer soient sur une même feuille de papier. Tel est le plus grand avantage que l'on obtient en inclinant la lumière comme on le fait ordinairement. Cet avantage consiste, on le voit, dans la possibilité qui existe, pour l'opérateur, d'obtenir certaines ombres, sans le secours de traces faites simultanément sur les deux plans coordonnés.

101. *Au reste, quand il ne s'agit que d'un cylindre ou d'un cône, la séparation d'ombre et de lumière est excessivement facile à trouver.* — Menez pour cela, à la trace horizontale du plan qui vous occupe, des tangentes parallèles aux projections horizontales des rayons lumineux : les génératrices qui aboutissent aux points de contact seront celles qui appartiennent à la ligne de séparation que vous cherchez.

Forcé de nous restreindre au petit nombre de notions qui précèdent, nous engageons vivement le lecteur à bien s'exercer à l'exécution rigoureuse de toutes les épures dont nous n'avons pu que lui indiquer la construction.

SINUS NATURELS.

′	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	′
0	1736	1908	2079	2250	2419	2588	2756	2924	3090	3256	60
2	42	14	85	55	25	94	62	29	96	61	58
4	48	20	90	61	31	99	68	35	3101	67	56
6	54	25	96	67	36	2605	73	40	07	72	54
8	59	31	2102	72	42	11	79	46	12	78	52
10	65	37	08	78	47	16	84	52	18	83	50
12	71	42	13	84	53	22	90	57	23	89	48
14	77	48	19	89	59	28	95	63	29	94	46
16	82	54	25	95	64	33	2801	68	34	3300	44
18	88	59	30	2300	70	39	07	74	40	05	42
20	94	65	36	06	76	44	12	79	45	11	40
22	99	71	42	12	81	50	18	85	51	16	38
24	1805	77	47	17	87	56	23	90	56	22	36
26	11	82	53	23	93	61	29	96	62	27	34
28	17	88	59	29	98	67	35	3002	68	33	32
30	22	94	64	34	2504	72	40	07	73	38	30
32	28	99	70	40	09	78	46	13	79	44	28
34	34	2005	76	46	15	84	51	18	84	49	26
36	40	11	81	51	21	89	57	24	90	55	24
38	45	16	87	57	26	95	62	29	95	60	22
40	51	22	93	63	32	2700	68	35	3201	65	20
42	57	28	98	68	38	06	74	40	06	71	18
44	62	34	2204	74	43	12	79	46	12	76	16
46	68	39	10	80	49	17	85	51	17	82	14
48	74	45	15	85	54	23	90	57	23	87	12
50	80	51	21	91	60	28	96	62	28	93	10
52	85	56	27	97	66	34	2901	68	34	98	8
54	91	62	33	2402	71	40	07	74	39	3404	6
56	97	68	38	08	77	45	13	79	45	09	4
58	1902	73	44	14	83	51	18	85	50	15	2
60	08	79	50	19	88	56	24	90	56	20	0
′	79°	78°	77°	76°	75°	74°	73°	72°	71°	70°	′

COSINUS.

SINUS NATURELS.

′	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	′
0	3420	3587	3746	3907	4067	4226	4384	4540	4695	4848	60
2	26	89	51	13	73	31	89	45	4700	53	58
4	31	95	57	18	78	37	94	50	05	58	56
6	37	3600	62	23	83	42	99	55	10	63	54
8	42	05	68	29	89	47	4405	61	15	68	52
10	48	11	73	34	94	53	10	66	20	74	50
12	53	16	78	39	99	58	15	71	26	79	48
14	58	22	84	45	4105	63	20	76	31	84	46
16	64	27	89	50	10	68	25	81	36	89	44
18	69	33	95	55	15	74	31	86	41	94	42
20	75	38	3800	61	20	79	36	92	46	99	40
22	80	43	05	66	26	84	41	97	51	4904	38
24	86	49	11	71	31	89	46	4602	56	09	36
26	91	54	16	77	36	95	52	07	61	14	34
28	97	60	21	82	42	4300	57	12	66	19	32
30	3502	65	27	87	47	05	62	17	72	24	30
32	08	70	32	93	52	10	67	23	77	29	28
34	13	76	38	98	58	16	72	28	82	34	26
36	18	81	43	4003	63	21	78	33	87	39	24
38	24	87	48	09	68	26	83	38	92	44	22
40	29	92	54	14	73	31	88	43	97	50	20
42	35	97	59	19	79	37	93	48	4802	55	18
44	40	3703	64	25	84	42	98	54	07	60	16
46	46	08	70	30	89	47	4504	59	12	65	14
48	51	14	75	35	95	52	09	64	18	70	12
50	57	19	81	41	4200	58	14	69	23	75	10
52	62	24	86	46	05	63	19	74	28	80	8
54	67	30	91	51	10	68	24	79	33	85	6
56	73	35	97	57	16	73	30	84	38	90	4
58	78	41	3902	62	21	78	35	90	43	95	2
60	84	46	07	67	26	84	40	95	48	5000	0
′	69°	68°	67°	66°	65°	64°	63°	62°	61°	60°	′

COSINUS.

SINUS NATURELS.

′	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	′
0	5000	5150	5299	5446	5592	5736	5878	6018	6157	6293	60
2	05	55	5304	51	97	41	83	23	61	98	58
4	10	60	09	56	5602	45	87	27	66	6302	56
6	15	65	14	61	06	50	92	32	70	07	54
8	20	70	19	66	11	55	97	37	75	11	52
10	25	75	24	71	16	60	5901	41	80	16	50
12	30	80	29	76	21	64	06	46	84	20	48
14	35	85	34	80	26	69	11	51	89	25	46
16	40	90	39	85	30	74	15	55	93	29	44
18	45	95	44	90	35	79	20	60	98	34	42
20	50	5200	48	95	40	83	25	65	6202	38	40
22	55	05	53	5500	45	88	30	69	07	43	38
24	60	10	58	05	50	93	34	74	11	47	36
26	65	15	63	10	54	98	39	78	16	52	34
28	70	20	68	15	59	5802	44	83	21	56	32
30	75	25	73	19	64	07	48	88	25	61	30
32	80	30	78	24	69	12	53	92	30	65	28
34	85	35	83	29	74	16	58	97	34	70	26
36	90	40	88	34	78	21	62	6101	39	74	24
38	95	45	93	39	83	26	67	06	43	79	22
40	5100	50	98	44	88	31	72	11	48	83	20
42	05	55	5402	48	93	35	76	15	52	88	18
44	10	60	07	53	98	40	81	20	57	92	16
46	15	65	12	58	5702	45	86	24	62	97	14
48	20	70	17	63	07	50	90	29	66	6401	12
50	25	75	22	68	12	54	95	34	71	06	10
52	30	79	27	73	17	59	6000	38	75	10	8
54	35	84	32	77	21	64	04	43	80	14	6
56	40	89	37	82	26	68	09	47	84	19	4
58	45	94	42	87	31	73	14	52	89	23	2
60	50	99	46	92	36	78	18	57	93	28	0
′	59°	58°	57°	56°	55°	54°	53°	52°	51°	50°	′

COSINUS.

SINUS NATURELS.

'	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	'
0	6428	6561	6691	6820	6947	7071	7193	7314	7431	7547	60
2	32	65	96	24	51	75	97	18	35	51	58
4	37	69	6700	28	55	79	7201	21	39	55	56
6	41	74	04	33	59	83	06	25	43	59	54
8	46	78	09	37	63	88	10	29	47	62	52
10	50	83	13	41	67	92	14	33	51	66	50
12	55	87	17	45	72	96	18	37	55	70	48
14	59	91	22	50	76	7100	22	41	59	74	46
16	63	96	26	54	80	04	26	45	63	78	44
18	68	6600	30	58	84	08	30	49	66	81	42
20	72	04	34	62	88	12	34	53	70	85	40
22	77	09	39	67	92	16	38	57	74	89	38
24	81	13	43	71	97	20	42	61	78	93	36
26	86	17	47	75	7001	24	46	65	82	96	34
28	90	22	52	79	05	28	50	69	86	7600	32
30	94	26	56	84	09	33	54	73	90	04	30
32	99	31	60	88	13	37	58	77	93	08	28
34	6503	35	64	92	17	41	62	81	97	12	26
36	08	39	69	96	22	45	66	85	7501	15	24
38	12	44	73	6900	26	49	70	88	05	19	22
40	17	48	77	05	30	53	74	92	09	23	20
42	21	52	82	09	34	57	78	96	13	27	18
44	25	57	86	13	38	61	82	7400	16	30	16
46	30	61	90	17	42	65	86	04	20	34	14
48	34	65	94	21	46	69	90	08	24	38	12
50	39	70	99	26	50	73	94	12	28	42	10
52	43	74	6803	30	55	77	98	16	32	46	8
54	47	78	07	34	59	81	7302	20	36	49	6
56	52	83	11	38	63	85	06	24	39	53	4
58	56	87	16	42	67	89	10	28	43	57	2
60	61	91	20	47	71	93	14	31	47	60	0
'	49°	48°	47°	46°	45°	44°	43°	42°	41°	40°	'

COSINUS.

SINUS NATURELS.

'	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	'
0	7660	7771	7880	7986	8090	8192	8290	8387	8480	8572	60
2	64	75	84	90	94	95	94	90	84	75	58
4	68	79	87	93	97	98	97	93	87	78	56
6	72	82	91	97	8100	8202	8300	96	90	81	54
8	75	86	94	8000	04	05	03	99	93	84	52
10	79	90	98	04	07	08	07	8403	96	87	50
12	83	93	7902	07	11	11	10	06	99	90	48
14	87	97	05	11	14	15	13	09	8502	93	46
16	90	7801	09	14	17	18	16	12	05	96	44
18	94	04	12	18	21	21	20	15	08	99	42
20	98	08	16	21	24	25	23	18	11	8601	40
22	7701	12	19	25	28	28	26	21	14	04	38
24	05	15	23	28	31	31	29	25	17	07	36
26	09	19	26	32	34	34	32	28	20	10	34
28	13	22	30	35	38	38	36	31	23	13	32
30	16	26	34	39	41	41	39	34	26	16	30
32	20	30	37	42	45	45	42	37	29	19	28
34	24	33	41	45	48	48	45	40	32	22	26
36	27	37	44	49	51	51	48	43	36	25	24
38	31	41	48	52	55	54	52	46	39	28	22
40	35	44	51	56	58	58	55	50	42	31	20
42	38	48	55	59	61	61	58	53	45	34	18
44	42	51	58	63	65	64	61	56	48	37	16
46	46	55	62	66	68	68	64	59	51	40	14
48	49	59	65	70	71	71	68	62	54	43	12
50	53	62	69	73	75	74	71	65	57	46	10
52	57	66	72	76	78	77	74	68	60	49	8
54	60	69	76	80	81	81	77	71	63	52	6
56	64	73	79	83	85	84	80	74	66	54	4
58	68	77	83	87	88	87	84	77	69	57	2
60	71	80	86	90	92	90	87	80	72	60	0
'	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°	'

COSINUS.

SINUS NATURELS.

	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	′
0	8660	8746	8829	8910	8988	9063	9135	9205	9272	9336	60
2	63	49	32	13	90	66	38	07	74	38	58
4	66	52	35	15	93	68	40	10	76	40	56
6	69	55	38	18	96	70	43	12	78	42	54
8	72	57	40	21	98	73	45	14	81	44	52
0	75	60	43	23	9001	75	47	16	83	46	50
2	78	63	46	26	03	78	50	19	85	48	48
4	81	66	49	28	06	80	52	21	87	50	46
6	83	69	51	31	08	83	54	23	89	52	44
8	86	71	54	34	11	85	57	25	91	54	42
0	89	74	57	36	13	88	59	28	93	56	40
2	92	77	59	39	16	90	61	30	96	59	38
4	95	80	62	42	18	92	64	32	98	61	36
6	98	83	65	44	21	95	66	34	9300	63	34
8	8701	85	67	47	23	97	68	37	02	65	32
0	04	88	70	49	26	9100	71	39	04	67	30
2	06	91	73	52	28	02	73	41	06	69	28
4	09	94	75	55	31	04	75	43	08	71	26
6	12	96	78	57	33	07	78	45	11	73	24
8	15	99	81	60	36	09	80	48	13	75	22
0	18	8802	84	62	38	12	82	50	15	77	20
2	21	05	86	65	41	14	84	52	17	79	18
4	24	08	89	67	43	16	87	54	19	81	16
6	26	10	92	70	46	19	89	57	21	83	14
8	29	13	94	73	48	21	91	59	23	85	12
0	32	16	97	75	51	24	94	61	25	87	10
2	35	19	99	78	53	26	97	63	27	89	8
4	38	21	8902	80	56	28	98	65	30	91	6
6	41	24	05	83	58	31	9200	67	32	93	4
8	43	27	07	85	61	33	03	70	34	95	2
0	46	29	10	88	63	35	05	72	36	97	0
	29°	28°	27°	26°	25°	24°	23°	22°	21°	20°	′

COSINUS.

SINUS NATURELS.

'	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	'
0	9307	9455	9511	9563	9613	9659	9703	9744	9781	9816	60
2	99	57	12	65	14	61	04	45	83	17	58
4	9401	59	14	66	16	62	06	46	84	18	56
6	03	61	16	68	17	64	07	48	85	20	54
8	05	63	18	70	19	65	09	49	86	21	52
10	07	65	20	72	21	67	10	50	87	22	[illegible]
12	09	66	21	73	22	68	11	51	89	23	[illegible]
14	11	68	23	75	24	70	13	53	90	24	[illegible]
16	13	70	25	77	25	71	14	54	91	25	[illegible]
18	15	72	27	78	27	73	15	55	92	26	[illegible]
20	17	74	28	80	28	74	17	57	93	27	[illegible]
22	19	76	30	82	30	76	18	58	95	28	[illegible]
24	21	78	32	83	32	77	20	59	96	29	[illegible]
26	23	80	34	85	33	79	21	60	97	30	[illegible]
28	24	81	35	87	35	81	22	62	98	31	[illegible]
30	26	83	37	88	36	81	24	63	99	33	[illegible]
32	28	85	39	90	38	83	25	64	9800	34	[illegible]
34	30	87	41	91	39	84	26	65	02	35	[illegible]
36	32	89	42	93	41	86	28	67	03	36	[illegible]
38	34	91	44	95	42	87	29	68	04	37	[illegible]
40	36	92	46	96	44	89	80	69	05	38	[illegible]
42	38	94	48	98	46	90	32	70	06	39	[illegible]
44	40	96	49	9600	47	92	33	72	07	40	[illegible]
46	42	98	51	01	49	93	34	73	08	41	[illegible]
48	44	9500	53	03	50	94	36	74	10	42	[illegible]
50	46	02	55	05	52	96	37	75	11	43	[illegible]
52	48	03	56	06	53	97	38	77	12	44	[illegible]
54	49	05	58	08	55	99	40	78	13	45	[illegible]
56	51	07	60	09	56	9700	41	79	14	46	[illegible]
58	53	09	61	11	58	02	42	80	15	47	[illegible]
60	55	11	63	13	59	03	44	81	16	48	[illegible]
'	19°	18°	17°	16°	15°	14°	13°	12°	11°	10°	'

COSINUS.

SINUS NATURELS.

	80°	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	′
0	9848	9877	9903	9925	9945	9962	9976	9986	9994	9998	60
2	49	78	03	26	46	62	76	87	94	99	58
4	50	79	04	27	46	63	76	87	94	99	56
6	51	80	05	28	47	63	77	87	95	99	54
8	52	80	06	28	48	64	77	87	95	99	52
0	53	81	07	29	48	64	78	88	95	99	50
2	54	82	07	30	49	65	78	88	95	99	48
4	55	83	08	30	49	65	78	88	95	99	46
6	56	84	09	31	50	66	79	89	95	99	44
8	57	85	10	32	51	66	79	89	96	99	42
0	58	86	11	32	51	67	80	89	96	99	40
2	59	87	11	33	52	67	80	89	96	99	38
4	60	88	12	34	52	68	80	90	96	99	36
6	61	88	13	34	53	68	81	90	96	10000	34
8	62	89	14	35	53	69	81	90	96	00	32
0	63	90	14	36	54	69	81	90	97	00	30
2	64	91	15	36	55	70	82	91	97	00	28
4	65	92	16	37	55	70	82	91	97	00	26
6	66	93	17	38	56	71	82	91	97	00	24
8	67	94	17	38	56	71	83	91	97	00	22
0	68	94	18	39	57	71	83	92	97	00	20
2	69	95	19	40	57	72	83	92	97	00	18
4	69	96	20	40	58	72	84	92	98	00	16
6	70	97	20	41	58	73	84	92	98	00	14
8	71	98	21	42	59	73	84	93	98	00	12
0	72	99	22	42	59	74	85	93	98	00	10
2	73	99	23	43	60	74	85	93	98	00	8
4	74	9900	23	43	60	74	85	93	98	00	6
6	75	01	24	44	61	75	86	93	98	00	4
8	76	02	25	45	61	75	86	94	98	00	2
0	77	03	25	45	62	76	86	94	98	00	0
′	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	0°	′

COSINUS.

L'usage de cette table peut donner lieu à quatre questions.

PREMIÈRE QUESTION. *Trouver le sinus d'un arc.*

On cherche les degrés en haut des pages, et les minutes, dans la première colonne à gauche.

1° Pour trouver le sinus de 53° 28', on cherche 53° en tête d'une colonne, et on descend cette colonne jusqu'à la ligne correspondante à 28' dans la première colonne à gauche; on trouve ainsi le nombre 35 qui doit être précédé de 80; ce qui signifie que *sin.* 53°28'=0.8036.

2° Pour trouver le sinus de 16° 7', on cherche d'abord *sin.* 16° 6', qui est 0.2773, et on y ajoute la moitié de la différence entre ce sinus et le suivant, ou 0.0003; ce qui donne

sin. 16° 7' = 0.2776.

3° Quand l'arc surpasse 90°, on cherche le sinus de son supplément; on trouve ainsi :

sin. 132° 24' = *sin.* 47° 36' = 0.7385.

DEUXIÈME QUESTION. *Trouver le cosinus d'un arc.*

Dans ce cas les degrés se trouvent au bas des pages, et les minutes dans la première colonne à droite.

1° Pour trouver le cosinus de 14° 56', on cherche 14° au bas d'une colonne et on remonte cette colonne jusqu'à la ligne qui contient 56', à droite : on trouve ainsi 9662 : donc

cos. 14° 56' = 0.9662.

2° Pour trouver le cosinus de 64° 53', on cherche *cos.* 64° 52' qui est 0.4247, et on en retranche la moitié de la différence entre ce cosinus et celui de *cos.* 64° 54'; cette différence étant 0.0005, dont la moitié est 0.0002, on trouve

cos. 64° 53' = 0.4245.

3° Pour trouver le cosinus de 132° 24', on cherche le cosinus du supplément 47° 26', qui est 0.6613, et on le prend négativement : ainsi, *cos.* 132° 24' = —0.6613.

TROISIÈME QUESTION. *Trouver l'arc qui répond à un sinus donné.*

1° Si le sinus donné se trouve exactement dans l'une des colonnes de la table, le nombre de degrés de l'arc se trouve en tête de cette colonne, et les minutes sont sur la même ligne, dans la première colonne à gauche.

Le supplément de l'arc, ainsi trouvé, répond encore sinus donné.

2° Si le sinus est 0.1267, le nombre de la table immédiatement inférieur à ce sinus est 0.1265, qui répond à 7° 16'. Le nombre immédiatement supérieur 0.1271 surpassant ce dernier de 0.0006, on voit que si le sinus augmente de 0.0006, l'arc augmente de 2'; on en conclut que si le sinus augmente de 0.0002, l'arc doit augmenter des 2/6 de 2' ou de 2/3 de minute : donc l'arc demandé est de 7° 16' 2/3.

On trouve de même qu'au sinus 0.5346 répond un arc de 32° 19'.

QUATRIÈME QUESTION. *Trouver l'arc qui répond à un cosinus donné.*

1° Quand le cosinus donné est positif et qu'il se trouve exactement dans la table, on prend le nombre de degrés au bas de la colonne qui le renferme, et on prend les minutes sur la même ligne, dans la dernière colonne à droite.

2° Quand le cosinus donné tombe entre deux nombres de la table, comme 0.9554, qui tombe entre 0.9553 répondant à 17° 12', et 0.9555 répondant à 17° 10', on conclut que l'arc cherché est 17° 11'.

3° Soit un cosinus négatif, — 0.5175; on trouve qu'à ce cosinus considéré comme positif répond 58° 50'; on en conclut que l'arc cherché est le supplément de celui-ci, ou 121° 10'.

TABLE DES CORDES.

La table des sinus peut suppléer à une table des cordes, et permet de résoudre les questions suivantes.

PREMIÈRE QUESTION. *Trouver la corde d'un arc donné en degrés et minutes, connaissant le rayon.*

1° Pour trouver la corde de 68° 36', en supposant que le rayon soit pris pour unité, on cherche le sinus naturel de la moitié de cet arc, ou de 34° 18'; on trouve 0.5635, dont le double 1.127 représente la corde demandée.

2° Pour trouver la corde du même arc, 68° 36', en supposant que le rayon soit 0m.12; on multiplie ce rayon par le nombre 1.127 trouvé dans le cas précédent; car ce nombre représente, dans tous les cas, le rapport de la corde au rayon. La corde cherchée est donc alors 0m.13524.

Application. Pour tracer, en un point O d'une ligne BCX (fig. 10, pl. VI), un angle donné en degrés et minutes, on décrit du point O comme centre, avec un rayon déterminé

(1 décimètre par exemple) un arc de cercle; on porte de C en A sur l'arc indéfini une corde égale à celle qui correspond à l'angle donné, et, en joignant le point O au point A, on a l'angle AOC pour l'angle demandé.

Quand l'angle demandé surpasse 90°, il convient, pour plus d'exactitude, de construire d'abord son supplément pour en déduire l'angle lui-même. Ainsi, pour faire un angle de 153°, on commencera par construire un angle de 27°, dont on prendra le supplément.

Deuxième question. *Connaissant la corde et le rayon d'un arc, trouver la valeur de cet arc, en degrés et minutes.*

1° Pour trouver l'arc dont la corde est 0.5536, le rayon, étant l'unité, on prend la moitié de cette corde, et on a 0.2768, qui est le sinus de 16° 4'. L'arc demandé est le double de ce nombre, ou 32° 8'.

2° Pour trouver l'arc dont la corde est 15m.38 et le rayon 20 mètres, on prend le rapport de cette corde au rayon; ce rapport 0.764 représente la corde du même arc, en supposant que le rayon soit pris pour unité. On trouve alors, comme dans le cas précédent, que l'arc correspondant à cette corde est 44° 55'.

Principes sur lesquels repose la résolution des triangles.

Pour abréger, nous désignerons dans tout ce qui va suivre les angles des triangles par les lettres A, B, C, les sinus de ces angles, par sin. A, sin. B, sin. C; leurs cosinus par cos. A, cos. B, cos. C, et les valeurs numériques des côtés qui leur sont respectivement opposés, par les minuscules homologues a, b, c. Dans le cas où le triangle est rectangle, la lettre A désignera l'angle droit et a l'hypothénuse. De sorte que dans ce cas, $a^2 = b^2 + c^2$; d'où $b^2 = a^2 - c^2$ et $c^2 = a^2 - b^2$, relations qui permettent de trouver toujours la valeur d'un des trois côtés d'un triangle rectangle, quand on connait la valeur des deux autres.

A ce premier principe joignez ce théorème :

Dans tout triangle, le rapport de deux côtés est égal à celui du sinus des angles opposés, et un autre théorème non moins important dont voici l'énoncé :

Dans tout triangle, le carré d'un côté quelconque est égal à la somme des carrés des deux autres, moins deux fois le produit de ceux-ci multiplié par le cosinus de l'angle qu'ils comprennent :

Et alors, toutes les fois qu'un triangle sera déterminé, rien ne sera plus facile que de trouver la valeur numérique

de chacun des éléments inconnus, pourvu qu'on se rappelle que le sinus de $90^o = 1$; que le cosinus du même angle = zéro ; qu'un angle obtus a le même sinus que son supplément, et que le cosinus d'un angle obtus est égal à celui de l'angle aigu supplémentaire pris négativement, c'est-à-dire qu'il doit être affecté du signe —, ce qui change le signe de chaque terme contenant le cosinus d'un angle qui est obtus.

Si l'on veut, par exemple, appliquer le deuxième principe à trouver le troisième côté d'un triangle ayant un angle de 108° entre un côté de 15 mètres et un côté de 18 mètres : en appelant A l'angle de 108°, dont le supplément est 72°, on devra évidemment poser

$$a^2 = (15)^2 + (18)^2 - 2 \text{ fois } 15 \times 18 \times \cos. 108^o \quad (1)$$

mais comme le cosinus de 108° est égal à celui de 72° pris négativement ou avec un signe contraire, la relation (1) deviendra $a^2 = (15)^2 + (18)^2 + 30.18 \times \cos. 72^o$.

$$\text{Or } (15)^2 = 225;$$
$$(18)^2 = 324;$$
$$2.15 \times 18 = 540,$$
$$\text{et } \cos. 72^o = 0{,}3090 :$$

donc, tout calcul fait, $a^2 = 715{,}86$, et, par conséquent, $a = 26^m.75$

On voit par cet exemple comment il faut opérer quand on rencontre un cosinus négatif dans un calcul.

Appliquons maintenant le premier principe à trouver l'angle opposé au côté b, que nous supposerons être celui de 15 mètres.

D'après ce principe, on doit avoir $\frac{\sin B}{\sin A} = \frac{b}{a}$.

Or, ici $A = 108^o$, $b = 15$ mètres, et $a = 26^m.75$;

$$\text{donc } \frac{\sin B}{\sin 108^o} = \frac{15}{26.75};$$

$$\text{d'où on tire } \sin B = \frac{75}{26.75} \times \sin 108^o.$$

Le sinus de 108°, qui est le même que celui de 72°, vaut 0.9511. Or $\frac{0.9511 \times 15}{26.75} = 0.5333$; donc $\sin B = 0.533$. Ce sinus tombe entre celui de 32° 12' et celui de 32° 14', qui diffèrent entre eux de 5 dix-millièmes. Or, le sin. de B surpasse de 4

dix-millièmes celui de 32° 12′; donc pour trouver le nombre x des minutes qu'il faut ajouter à 32° 12′, il faut poser la proportion $\frac{x}{2} = \frac{4}{5}$: d'où $x = \frac{2 \times 4}{5} = \frac{8'}{5} = 1'.6$. Donc l'angle B = 32° 13′ environ. L'angle C se trouverait, en posant $\frac{\sin C}{\sin 108^\circ} = \frac{18}{26.7}$; d'où $\sin C = \frac{0.9511 \times 18}{26.75} = 0.6399$, presque 0.6400. Ce sinus tombe entre ceux de 39° 46′ et de 39° 48′; ainsi C = 39° 47′.

L'expression générale du second principe étant $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$; si, dans cette égalité, on transpose les termes a^2 et $2bc \cos A$, et qu'ensuite on divise tout par $2bc$, on aura évidemment $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$; ce qui équivaut à un nouveau principe qui s'énoncerait ainsi :

Le cosinus d'un angle d'un triangle s'obtient en ôtant le carré du côté qui lui est opposé de la somme des carrés de ceux qui le comprennent, et en divisant le reste par le double du produit de ces deux derniers.

Dans le cas où a^2 serait plus grand que $(b^2 + c^2)$, on changerait de signe, c'est-à-dire qu'on ôterait $(b^2 + c^2)$ de a^2, et l'on aurait alors la valeur de cos A précédé du signe moins. Cela indiquerait qu'il faudrait prendre pour A, non pas l'angle aigu indiqué par la table, mais bien l'angle obtus qui lui sert de supplément.

Quand $a^2 = (b^2 + c^2)$, on trouve $\cos A = o$. On doit en conclure que l'angle A est un angle droit : c'est ce qui arriverait si l'on avait $a = 5$, $b = 4$ et $c = 3$.

Supposons $a = 30$, $b = 23$ et $c = 18$.

$$\text{Alors } \cos = C = \frac{(23)^2 + (18)^2 - (30)^2}{46.18};$$

$$\cos B = \frac{(30)^2 + (18)^2 - (23)^2}{60.18},$$

$$\text{et } \cos C = \frac{(30)^2 + (23)^2 - (18)^2}{60.23}.$$

Or $(30)^2 = 900$; $(18)^2 = 324$, et $(23)^2 = 529$: donc $\cos A = \frac{529 + 324 - 900}{46.18}$; $\cos B = \frac{900 + 324 - 529}{60.18}$, et $\cos C = \frac{900 + 529 - 324}{60.23}$. Ici l'angle A est obtus, car 900

st plus grand que 853 qui est la somme des nombres 529 et 324. Il faut donc ôter 853 de 900, diviser le reste 47 par 828, valeur de 46.18, et mettre le signe — devant le quotient. On obtient ainsi pour l'angle A, qui est obtus, cos $A = -0.0551$. Or, abstraction faite du signe, 0.0551 est le cosinus de 86°50'; donc avec le signe —, c'est le cosinus de [180 — (86° 50')], ou de 93° 10'. Le lecteur trouvera aisément les deux autres angles.

Du premier théorème : les sinus des angles sont proportionnels aux côtés opposés, on tire aisément les conséquences suivantes, fort utilisées dans la pratique :

1° Quand on connaît un côté b et l'angle opposé A d'un triangle quelconque, on obtient directement un autre côté, a par exemple, en multipliant le rapport $\frac{b}{\sin B}$ par la valeur de sin A.

Nota. — Si l'angle A est droit, l'on a $\sin A = 1$: donc, *dans un triangle rectangle, l'hypothénuse* a *est égale au rapport de l'un des côtés droits au sinus de l'angle opposé*; c'est-à-dire que l'on a $a = \frac{b}{\sin B}$ ou $a = \frac{c}{\sin C}$; égalités qui donnent $b = a \sin B$, ainsi que $c = a \sin C$.

2° Quand on connaît un côté a et l'angle opposé A, pour avoir un autre angle, l'angle B par exemple, il faut multiplier le rapport $\frac{\sin A}{a}$ par la valeur de b.

Nota. Si l'angle A est droit, l'on a $\sin A = 1$, donc, dans ce cas $\sin B = \frac{1}{a} \times b = \frac{b}{a}$: donc, dans un triangle rectangle, le sinus de l'un des angles aigus s'obtient en divisant le côté opposé par la valeur de l'hypothénuse. Il résulte enfin de cela qu'un côté quelconque de l'angle droit d'un triangle rectangle est toujours égal à l'hypothénuse multipliée par le sinus de l'angle opposé ou par le cosinus de l'angle adjacent.

Quand on connaît la longueur d'une oblique qui rencontre une droite ou un angle, ainsi que l'angle qu'elle fait avec cette droite ou ce plan, si l'on veut avoir la valeur de sa projection, il faut multiplier la ligne elle-même par le sinus de l'angle qu'elle fait avec la perpendiculaire qui projette sa tête, ou, ce qui revient au même, par le cosinus de son inclinaison.

En multipliant l'oblique par le sinus de l'inclinaison ou par le cosinus de l'angle que fait l'oblique avec la normale au

point d'incidence, on obtiendrait pareillement la longueur de la perpendiculaire projetante.

Nous terminerons cet article par trois formules dans lesquelles S représente l'aire d'un triangle ; a, b, c, les trois côtés ; A, B, C, les trois angles, et p le demi-périmètre.

$$(1) \quad S = \sqrt{p \times (p-a) \times (p-b) \times (p-c)}$$

$$(2) \quad S = \frac{1}{2} ab \sin C$$

$$(3) \quad S = \frac{1}{2} a^2 \times \frac{\sin B . \sin C}{\sin A}$$

La première ne serait pas éclaircie par une traduction. La seconde signifie que l'aire d'un triangle s'obtient en multipliant le demi-produit de deux côtés par le sinus de leur angle. D'après la troisième, on obtient la surface d'un triangle en multipliant la moitié du carré d'un côté par le rapport du produit des sinus des angles adjacents au sinus de l'angle opposé.

Application de la résolution des triangles à la composition et à la décomposition des pressions que l'on considère dans la charpenterie.

On a vu dans l'introduction que si l'on représente par trois lignes P, Q, R, deux forces quelconques et leur résultante, le triangle formé sur ces trois lignes avait son angle opposé à la résultante R supplémentaire de celui que formaient les directions des forces P et Q ; tandis que chacun des angles opposés à une composante était précisément égal à l'angle que fait la direction de cette composante avec celle de la résultante R.

Pour éviter une figure et pour mieux généraliser ces résultats, nous représenterons par (P, Q), l'angle des côtés P et Q ; par (R, P), l'angle des côtés R et P, et par (R, Q), l'angle des côtés R et Q.

Au moyen de cette notation, et, d'après le second théorème de l'article précédent, on a, pour trouver la valeur de la résultante R, l'égalité fondamentale :

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2 P . Q \cos (P, Q) ;$$

$$\text{d'où } R = \sqrt{[P^2 + Q^2 - 2 P . \cos (P, Q)]}.$$

Si, par exemple, P = 15 kilogrammes ; que Q = 18 kil., et que l'angle (P, Q) = 72°, dont le supplément = 108°, on

a $R = \sqrt{15^2 + (18^2 - 2.15.\ 18 \times \cos 108^o} = \sqrt{[225 + 324 - 540 \cos 108^o]}$

et comme cos 108° est, avec un signe contraire, le cosinus de 72°; celui-ci étant 0.3090, on a finalement $R = \sqrt{[225 + 324 + 540 \times 0.3090]} = 26.75$: donc la résultante est de 26 kilogrammes 750 grammes, à une dizaine de grammes près.

Pour avoir l'angle (R, P) que la résultante fait avec la force P, on posera, d'après le premier théorème, $\frac{\sin (R, P)}{\sin (P, Q)} = \frac{Q}{P}$, ou bien $\frac{\sin (R, P)}{\sin 108^o} = \frac{15}{26.75}$; d'où sin (R, P) $\frac{15, \sin 108^o}{26.75} = \frac{15, \sin 72^o}{26.75} = \sin 32^o\ 12'$. Ainsi la résultante fait, avec la force P, un angle égal à 32°12' environ. On trouverait, en opérant de même, que l'angle (R, Q) que la résultante fait avec la force Q est égal à 39° 48'.

Nota. Quand l'angle (P, Q) des composantes est aigu, il arrive quelquefois que celui des angles qui est fait par la résultante et la plus petite des deux forces P et Q est un angle obtus; mais rien ne l'indique par le calcul. Pour savoir si le plus grand des angles cherchés est obtus, il faut additionner les deux angles trouvés avec l'angle connu des composantes, et si la somme est égale à 90° au lieu de 180°, il faut ajouter 90° à celui des deux angles trouvés qui est opposé à la plus grande des deux composantes.

Résolution d'une force en deux autres. — Ce problème, l'inverse du précédent, présente deux cas, savoir : 1° le cas où l'on donne les deux composantes P et Q de la force R; 2° le cas où l'on donne les deux directions des composantes qui sont alors elles-mêmes les inconnues.

Le premier cas revient évidemment à trouver les trois angles d'un triangle dont on connaît les trois côtés. Le second cas revient à trouver deux côtés d'un triangle dont on connaît le troisième et les angles. Ces deux problèmes ayant été résolus ci-dessus, il est inutile d'y revenir; mais il est bon de se rappeler que quand une force R agit obliquement sur un plan, et qu'on la décompose en deux autres P et Q, l'une P, de pression sur le point d'incidence, et l'autre Q, de traction du même point sur la surface du plan, la première $P = R \times \sin I$; tandis que la seconde $Q = R \cos I$ (I étant l'angle d'inclinaison de la force R). C'est ce genre de décomposition qu'on exécute le plus souvent dans la charpenterie.

§ 1. CALCULS PARTICULIERS RELATIFS AUX PRINCIPALES COMBINAISONS DE CHARPENTES.

1° *Pans de bois.* — Les pans de bois sont destinés à porter les planchers des édifices, des habitations bâties en bois, ou à résister à quelque effort équivalent produit par une charge agissant verticalement. Ils sont composés de pièces dont les plus importantes sont verticales. Aussi, pour s'assurer que les éléments d'un pan de bois ont des équarrissages convenables, eu égard à leur longueur, et qu'ils sont en nombre suffisant, on calcule la charge que le plancher doit supporter, et quelle partie de cette charge, dans laquelle on comprend le poids du plancher lui-même, doit être portée par chacun des pans de bois; puis l'on répartit cette charge entre les poteaux et même les guettes qui entrent dans sa composition. Cette quantité, comme l'équarrissage des pièces, se conclut d'après les règles données dans l'introduction, à l'article *Résistance des bois.*

2° *Planchers.* — Les planchers ont à porter, outre leur propre poids, certaines charges appliquées en de certains lieux et aussi d'autres charges uniformément réparties sur toute leur surface. Les diverses parties d'un plancher doivent donc être calculées d'après la charge qui lui doit incomber. Les planches, par exemple, ayant leur épaisseur d'usage, on calculera leur portée, c'est-à-dire l'écartement des solives qui les portent, d'après ce que chacune d'elles doit porter, en distinguant le cas d'une charge uniforme de celui d'une charge qui ne le serait pas. Les longueurs, ainsi que les équarrissages des solives, se détermineront par des considérations du même genre, et il en sera de même pour les poutres. Dans tous ces calculs, il faudra veiller à donner des dimensions plus que suffisantes aux pièces destinées à des charges extraordinaires, par exemple, aux poutres sur lesquelles de lourdes machines devront être posées.

3° *Combles.* — L'objet principal d'un comble est de porter la couverture d'un édifice, et chaque ferme doit en supporter une partie, celle qui est comprise entre les deux plans verticaux passant par le milieu des traces adjacentes. Il suit de là que chaque ferme doit porter le poids de deux demi-travées. Pour déterminer la force de chacune des parties d'une ferme, il faut commencer, dit M. Emy, par fixer les dimensions nécessaires pour la force des pièces les plus élevées, en ajoutant toujours au poids auquel il faut résister, la pesanteur des pièces qui servent d'intermédiaire pour re-

porter l'action de ce poids sur les pièces immédiatement inférieures qui le supportent en définitif.

Mais il est à remarquer que l'on ne peut pas toujours procéder avec cette régularité, et que souvent c'est après qu'on a composé la charpente, et même déterminé les équarrissages des pièces, par une sorte d'appréciation de la pensée, qui est une suite de la plus ou moins grande pratique qu'on a de l'art, qu'on applique le calcul, qui n'est plus qu'une sorte de vérification, d'après laquelle on fait les corrections qu'il est nécessaire de faire aux premières appréciations.

Il faut commencer par calculer le poids de chaque mètre carré du genre de couverture qu'on veut employer, et déterminer d'après cela l'écartement des solives et le nombre des pannes, en prenant, s'il y a lieu, les mêmes précautions que pour un plancher. Comme il est d'usage de prendre les chevrons tels qu'ils se trouvent dans le commerce, au lieu de forcer l'équarrissage de ces pièces, on se contentera de les rapprocher suivant le besoin de la charge.

Dans les calculs relatifs à l'équarrissage des chevrons, quand on se décide à en débiter soi-même d'appropriés aux calculs, il faut remarquer que la charge de chacun d'eux est également répartie sur sa portée entre deux pannes, et que, attendu leur situation inclinée, il faut leur appliquer ce que nous avons dit relativement à la résistance des bois inclinés.

S'il n'y a qu'une seule panne, l'arbalétrier est dans le cas d'une pièce chargée en son milieu.

Il arrive fréquemment qu'il n'est pas nécessaire de donner aux arbalétriers la force que leur étendue semble exiger, parce qu'ils se trouvent combinés avec les autres pièces de la ferme dont ils font partie. Si par exemple, sous une panne qui serait située en p (fig. A, pl. XVII), on a pu placer une contre-fiche pm, il est évident que c'est sur elle que se reporte l'effort produit au point p par la pesanteur du toit, et que son équarrissage doit être déterminé de manière qu'elle puisse, suivant la longueur de p en m, résister à l'écrasement dans le sens de sa longueur, et que l'arbalétrier n'a plus besoin d'une force aussi grande, puisqu'il n'a plus à résister à la rupture perpendiculairement à sa longueur. Vu la symétrie de la toiture, les efforts des contre-fiches $pm, p'm'$ se réunissent au point m, et leur résultante agit dans la direction du poinçon, c'est-à-dire de b en m, ce qui indique que l'équarrissage du poinçon doit être tel qu'il puisse résister à un effort de traction Q, exprimé par l'égalité $Q = \frac{2P}{\cos a}$ (Q étant la force à laquelle le poinçon doit résister;

P, l'effort exercé sur une contre-fiche et transmis par elle au point *m*, et *a*, l'angle *pmb*, égal à l'inclinaison de l'arbalétrier sur l'entrait].

Il résulte de cette disposition que l'effort de la pesanteur à chacun des points *p* et *p'*, transmis par la contre-fiche sur le poinçon, fait agir ce dernier de façon qu'il transmet à son tour cet effort et le partage aux arbalétriers qui reportent la portion qui leur est départie aux points *a* et *a'*, pour exercer dans ces points une poussée dont nous parlerons plus loin au 4e paragraphe. Il résulte de là aussi que l'arbalétrier doit résister à la force qui le comprime dans sa longueur de *b* en *a*, c'est-à-dire à l'écrasement, comme nous l'avons fait remarquer plus haut. Mais cette résistance ne doit être calculée que pour ses portions comprises entre les points d'application des pannes et des contre-fiches qui se font équilibre.

Quand des moises suspendent des planchers aux arbalétriers qui soutiennent les couvertures, il faut d'une part proportionner les équarrissages des moises aux efforts de traction que leur occasionne le poids des planchers et de leurs charges présumées, et, d'autre part tenir compte aussi de l'effort que ces poids réunis exercent sur les arbalétriers, effort qui exige qu'on leur donne un surcroît de force, pour qu'ils puissent résister à l'écrasement dans le sens de leur longueur. Il faut, pour la même raison, augmenter dans ce cas l'équarrissage des tirants, afin qu'ils soient en état de résister à la poussée exercée par les arbalétriers.

Au reste, quand on fait des calculs de ce genre, on tombe quelquefois dans une sorte de cercle vicieux; mais on en sort aisément par un tâtonnement d'autant plus court qu'on est plus familiarisé avec les calculs de ce genre. Il faut d'ailleurs ne pas oublier qu'on doit tenir les équarrissages beaucoup plus forts que ceux qui seraient indiqués par l'application rigoureuse des règles théoriques.

4o *Ponts.* — La détermination par le calcul de la force des bois employés dans les ponts est fondée sur les mêmes principes que pour les combles; mais il ne faut pas oublier que les ponts sont sujets à des détériorations plus rapides, et qu'ils subissent des vibrations qui peuvent nuire à leur solidité primitive. Il faut donc faire avec plus de soin les calculs pour la détermination de la force à donner aux différentes pièces d'un pont, que s'il s'agissait d'un travail de charpente moins exposé à se détériorer par l'usage. On supposera pour cela le pont aussi chargé qu'il puisse l'être, et

l'on déterminera les dimensions d'équarrissage des longerons simples selon leur portée, si c'est un pont construit suivant ce système, en se mettant dans l'hypothèse où la charge partielle de la portée agirait dans le milieu des longerons. Si des contre-fiches soulagent ces longerons et permettent d'y employer des bois de moindre équarrissage, il faudra tenir compte de l'influence de ces contre-fiches et calculer la force qu'il convient de leur donner.

Soit (fig. C, pl. 17) un longeron de pont *ab*; son équarrissage sera déterminé par la résistance qu'il doit opposer à un poids P dans toutes les positions qu'il peut prendre sur toute sa longueur, et c'est dans le milieu que cette action est la plus puissante. Si l'on suppose sous ce longeron deux contre-fiches qui lui servent de soutiens, il est évident que si ces contre-fiches ont une force suffisante, on pourra, comme nous l'avons dit, diminuer l'équarrissage des longerons, qui se trouveront partagés en trois portées partielles *am*, *mm'*, *m'b*, dans lesquelles l'équarrissage pourra être réduit à la force nécessaire pour chacune.

Pour que chaque contre-fiche remplisse le but pour lequel elle est établie, il faut qu'elle puisse résister à l'écrasement résultant de la pression exercée sur elle par le poids dont le pont est chargé : il faut de plus supposer ce poids agissant en P, et cette action reportée au point *m* ou *m'*, de sorte que, faisant $ab = l$; am ou $bm' = a$; l'on a $Q = \frac{pl}{2a}$. Si l'on suppose que l'effort Q agit dans la verticale passant par le point *m*, cet effort se décompose en deux autres : l'un, agissant suivant la direction *mb*, est détruit par l'effet de la résistance du point *b*; l'autre, dans la direction de la contre-fiche suivant *mr*, est égal à $\frac{Q}{\cos m}$ [*m* étant la valeur de l'angle *rmo* que fait la contre-fiche avec la verticale; c'est à cet effort ainsi calculé que la contre-fiche doit résister].

Si la contre-fiche est saisie par une moise *gj* et par une moise horizontale passant par le point *j*, et unissant toutes les contre-fiches homologues des fermes, le point *j* est considéré comme fixe et la résistance de la contre-fiche à l'écrasement ne doit plus être satisfaite que pour chacune de ses deux poutres *m'j*, *r'j*, en raison seulement de la longueur de chacune.

5° *Arcs employés dans les ponts.* — Le plus ordinairement les arcs en gros bois employés dans les fermes de pont sont combinés avec d'autres pièces, notamment avec

des moises pendantes qui divisent leur développement en parties égales que l'on peut, vu leur peu de courbure, regarder comme des droites dont les extrémités seraient fixes. Soit, par exemple (fig. B, pl. 17), un arc *aba'* qui se trouve combiné à un système de ferme dans lequel se trouve le longeron *dd'*. Par le moyen des moises pendantes *mo*, *nu*, *m'o'*, *n'u'*, les parties *ou*, *ub*, *bu'* *uo'*, peuvent être regardées comme une suite de contre-fiches, sur lesquelles le fardeau est placé dans la position où il a le plus de puissance pour la comprimer par écrasement; et ce même fardeau, en passant par toutes les positions qu'il peut avoir, reporte son action sur les mêmes cintres, par l'intermédiaire des moises pendantes. Supposons donc que l'effort produit par le point *m* soit représenté par Q agissant suivant la verticale *mq*: c'est cette force qui agit sur l'arc au point *o* et qui se décompose en deux efforts dirigés chacun suivant la longueur de chaque portion d'arc *ou*, *oa*, et ces parties d'arc ont à résister à l'écrasement occasionné par ces forces. Au reste, après l'évaluation des résistances que les pièces doivent opposer, on assigne à ces pièces un équarrissage qui leur donne dix fois plus de force à leur résistance.

§ 2. POUSSÉES DES CHARPENTES.

1° *Poussée des fermes en bois droits.* — Toutes les circonstances de la poussée des charpentes formées de pièces droites se rapportent à celles d'un comble triangulaire *aba'* (fig. A, pl. 17). Soient deux arbalétriers *ab*, *a'b* assemblés dans un poinçon vertical, au point *b*, et retenus dans leur position par l'assemblage de leurs pieds dans le tirant *aa'*. Leur poids joint à celui de toute la toiture qu'ils portent, même les lucarnes, produit un poids unique dont l'action est dirigée parallèlement à l'axe du poinçon. Soit 2P le nombre qui représente ce poids, P étant celui d'une moitié: soit aussi l'angle *bad*, c'est-à-dire l'inclinaison du toit représenté par a. Les arbalétriers devant être inflexibles, soit par eux-mêmes, soit par l'effet de soutiens auxiliaires distribués sur leur longueur, tels que des contre-fiches ou des entraits, l'effort transmis dans la direction de leur longueur est exprimé par l'égalité $Q = \frac{P}{\sin a}$, expression au moyen de laquelle on détermine leur équarrissage, dans le cas de la résistance à l'écrasement.

La résistance à l'effort suivant la direction *da* parallèle au

tirant, est exprimée par la relation $R = \frac{P \cos a}{\sin a}$, et l'expression de la résistance suivant *da'* est la même. Ces forces égales et directement opposées, sont la mesure de l'action horizontale exercée en *a* et en *a'* par la poussée du comble, c'est-à-dire qu'elles expriment la tension du tirant *a a'*, et l'équarrissage de cette pièce sera déterminé par l'égalité de cette tension avec la résistance du bois à la traction par centimètre carré, d'après ce qui a été expliqué en son lieu.

A l'égard de l'équarrissage des arbalétriers ou de leurs parties, si des appuis sont distribués sous quelques points de leur longueur, il est déterminé par la nécessité de résister en outre à la rupture sous leur propre poids et sous la charge de la couverture : cette résistance est représentée par $K = P \cos. a$. Ainsi la formule qui donne la surface de l'équarrissage pour résister à la rupture, doit donner cette même égalité.

Si on substitue un système angulaire *ama'* au tirant *a a'* en représentant l'angle *mad* ou *m a' d* par *n*, la tension suivant la ligne *ma* ou *m a'*, et celle suivant *a d* ou *a' d*, seront entre elles dans le rapport de $\frac{am}{ad}$; ainsi, dans ce cas, l'expression de la tension T suivant *a m* ou *a'm* est $T = \frac{P \cos a}{\sin a \cos n}$.

Nous devons faire remarquer ici que si, au lieu d'un tirant *aa'*, ou au lieu d'un système angulaire *ama'*, on établit des entraits suffisamment liés aux arbalétriers, le tirant et les entraits s'opposeront simultanément à la poussée, et la somme de leurs résistances devra être égale à $\frac{P \cos a}{\sin a}$; par conséquent l'équarrissage de chacun pourra être diminué, de façon que la somme des surfaces d'équarrissage soit égale à celle qu'aurait le tirant s'il était seul.

Il en est de même des tirants en bois ou en fer du système angulaire représenté par les lignes *a m a'm*. Quel que soit le nombre des tringles parallèles à *am* à *a'm*, pourvu qu'elles soient parallèles, la somme de leurs résistances doit toujours être égale à $\frac{P \cos a}{\sin a \cos n}$.

Dans les fermes composées comme celle de la figure B, la poussée exercée par ces contre-fiches sur les murs dans le sens horizontal *r t*, l'angle *a m r* étant représenté par *m*, et

représentant par P la force d'écrasement à laquelle la contrefiche sait résister, cette force étant aussi celle transmise par la contre-fiche, suivant la direction *m r* sur le point *r* : la poussée suivant *r t* est exprimée par $Q = P \cos. m$.

A l'égard de la poussée exercée par les arcs qui font partie des fermes (fig. B), il suffit de calculer la poussée horizontale exercée au point *a* naissance de l'arc, de la même manière que celle exercée par une contre-fiche suivant la tangente à l'arc, la partie *a o* que nous considérons pouvant être regardée comme droite. On peut de même, dans une première appréciation, considérer tout le système *a d o* comme celui d'une seule pièce inflexible, et lui substituer, dans un calcul approximatif, la ligne *a o* sur laquelle se trouveraient reportés tout le poids du système et celui du fardeau P, ce qui ramènerait la question au cas de la poussée exercée par une contre-fiche ou par un pan de toit.

2° *Poussée des cintres.* — La question de la résistance des cintres en charpente pour la construction des grandes voûtes, telles que les arches de pont en maçonnerie, est une des plus compliquées, lorsqu'on la considère par rapport aux cintres dits flexibles, et l'application du calcul ne saurait donner des résultats satisfaisants. Nous ne nous en occuperons pas, d'autant plus que l'on reconnaît aujourd'hui que les cintres fixes, aussi invariables de forme que la nature et la qualité des bois employés le permettent, sont les seuls qu'il convient d'employer ; or, dans ce cas, on retrouve encore ici l'application des principes sur lesquels se fonde la stabilité des fermes de charpente en général.

3° *Poussée des arcs employés dans les fermes.* — Les arcs en plein cintre, et à plus forte raison ceux de forme elliptique surbaissée, employés dans les fermes des combles, dès qu'ils sont flexibles, ont une poussée vers le niveau des points que l'on désigne ordinairement sous le nom de *reins* dans les voûtes en maçonnerie.

Les expériences qui ont précédé l'exécution de l'ingénieux et excellent système d'arcs en madriers courbés sur leur plat imaginé par M. le colonel Emy, ont signalé particulièrement ce genre de poussée, et l'inventeur a fait voir que cette poussée résulte de la flexibilité d'un arc d'équarrissage uniforme que rien ne maintient dans sa figure circulaire *a m b m' a'* (fig. D, pl. 17) et qui lui fait prendre celle *a n p n' a'* dans laquelle les tangentes aux naissances, au lieu d'être verticales, ont les positions inclinées *a t a' t'*, dans cette position la poussée aux naissances paraît se diriger en sens inverse de ce qu'elle est ordinairement et de ce qu'elle serait

réellement sans la flexibilité, ou si les murs, au niveau des naissances, ne présentaient pas une résistance suffisante à la force avec laquelle l'arc tendrait à les renverser au dehors, ainsi que le prouvent les expériences faites par le capitaine Ardent. M. Emy, dans son grand et bel ouvrage, indique comment la poussée au niveau des reins doit être détruite par le système même. Nous y renvoyons le lecteur qui voudrait de plus nombreux détails ou renseignements sur les poussées exercées par les arcs de son système aussi bien que pour celles qui seraient exécutées dans un autre système que le sien.

CHAPITRE III.

Théorie des Assemblages au point de vue de la résistance plus ou moins grande qu'ils peuvent opposer aux forces destructives de leur stabilité (*).

Les assemblages ayant à supporter les efforts, quels qu'ils soient, auxquels sont soumises les pièces qu'ils sont destinés à réunir, il importe que celles des parties qui sont appelées à résister à la charge du système, puissent offrir une grande surface à l'action de ces forces, et que cette surface soit taillée de manière à opposer le plus de résistance possible à l'action destructive des forces agissantes.

Si en effet, cette partie d'un joint qui supporte l'effort exercé sur l'assemblage était étroite et amincie, il arriverait de deux choses l'une, ou qu'elle s'enfoncerait dans la pièce à laquelle elle s'adapte, ou qu'elle se briserait sous l'effort qui la surcharge. Dans les deux cas, il en résulterait pour le système un changement de forme toujours préjudiciable à sa stabilité.

L'effet du retrait ou de l'expansion des bois doit être sérieusement considéré dans la construction des joints, et, à cause du retrait des bois, les queues d'aronde ne devraient jamais être employées dans la charpenterie; parce que le moindre degré de dessiccation tend à faire sortir l'assemblage de sa place, ce qui fait perdre au système tout l'avantage que l'on espérait de la disposition employée. Les queues d'aronde ne peuvent convenir que quand les deux pièces réunies par elles subissent toutes deux des retraits qui se compensent et s'entre-détruisent pour ainsi dire; mais ce

(*) Les figures de ce chapitre se trouvent sur les planches 15 et 16.

cas, qui se présente souvent dans l'ébénisterie, arrive fort rarement dans la charpenterie.

Les joints donc doivent être formés de façon que ni le retrait, ni l'expansion du bois ne puissent avoir aucune espèce de tendance à fendre ou à faire éclater les pièces réunies. La force de contraction ou d'expansion est capable, il ne faut pas l'oublier, de produire sur un assemblage des effets étonnants; et on a pu être bien des fois à même d'observer des résultats de ce genre, dans des assemblages trop serrés, ou disposés dans de mauvaises directions. Ces merveilleux effets de l'expansion des bois ne sont pas ignorés des carriers qui utilisent cette force, pour détacher d'énormes blocs de pierre d'un rocher dont ils font partie.

Quand on veut établir un joint, il faut d'abord bien réfléchir au résultat qu'on en veut obtenir; car telle disposition, excellente dans un cas, serait désastreuse dans un autre. Ce sont aussi des considérations de ce genre qui vont nous guider dans la division des articles qui font l'objet de cet éclaircissement, ou de cette théorie.

§ 1. DU RALLONGEMENT DES PIÈCES DE BOIS QUI DOIVENT RÉSISTER A DES EFFORTS EXERCÉS DANS LE SENS DE LEUR LONGUEUR.

La plus simple, et par conséquent la meilleure manière de rallonger une pièce, est sans contredit de lui en opposer une autre bout à bout, en ayant soin de placer deux autres pièces suffisamment longues de chacun des deux côtés. Quand les quatre pièces auront été solidement boulonnées, ainsi que l'indique la figure 1 de la planche XV, il est évident qu'on aura un assemblage fort simple; mais sa force dépendra de celle des boulons, ainsi que de l'adhérence latérale des quatre parties du système, adhérence résultant ici de l'énergie du frottement.

L'influence des boulons peut être amoindrie, soit en encastrant les pièces latérales dans les poutres réunies, comme on le voit à la partie supérieure de la figure 2, soit en introduisant des coins pénétrant à la fois les deux pièces, comme on le voit dans la partie inférieure de la même figure. Il faut remarquer toutefois, que ces deux moyens ne doivent pas être employés au point d'amoindrir la force propre des pièces réunies. Il ne faut donc pas donner trop de profondeur aux encastrements. Il suffit, au reste, d'un peu de jugement pour se rendre compte de l'effet des boulons, ainsi que de l'avantage que l'on peut retirer des encastrements et

des coins. Le but qu'on se propose sera rempli, si les boulons et les frottements rendent chacune des deux parties de l'assemblage solidaire de tout effort de traction qui serait exercé sur l'autre dans le sens de la direction commune.

Dans la disposition indiquée par la partie inférieure de la figure 2, les deux petits rectangles que l'on y voit ménagés, étant formés aux dépens de la pièce latérale et des pièces du milieu, forment les trous dans lesquels on introduit de force des clefs qui s'opposent au glissement des pièces, comme le font les entailles de la disposition ci-dessus. Dans l'un et dans l'autre système, il est évident que la force des poutres est amoindrie, dans la proportion de la profondeur des entailles.

La raison qui fait qu'on cherche à rendre, autant que possible, la force de résistance indépendante des boulons, c'est que si l'on comptait uniquement sur eux, et non sur le frottement des bois, pour empêcher les deux poutres principales de se quitter, quand elles sont sollicitées en sens contraire dans le sens de leur longueur, il pourrait fort bien arriver que, dans le cas d'un grand effort, les fibres ligneuses soient tellement pressées par le fer des boulons, qu'elles se trouvent écrasées par leur pression, et que, par conséquent, les deux poutres aillent en se séparant de plus en plus, les boulons s'étant frayé un passage dans le bois, ou ayant fini par se briser sous la résistance accumulée des fibres. De là vient que l'on a établi comme règle le principe suivant :

La somme des aires des boulons ne doit jamais être moindre que les deux dixièmes de l'aire de la section de la poutre, et, c'est une bonne habitude à contracter dans la pratique, de ne jamais fixer de boulons trop près des deux bouts assemblés.

La plus employée de toutes les méthodes relatives à l'aboutement des poutres est celle qui est appelée *aboutement par empatture, par enture, par enfourchement*. Dans cette méthode, les deux pièces sont réunies de manière à conserver la même largeur ainsi que la même épaisseur dans toute l'étendue des pièces aboutées : c'est à elle qu'il faut recourir toutes les fois qu'on a plus en vue l'élégance du système que sa force de résistance.

De la figure 3 à la figure 10, se voient indiquées les différentes méthodes d'assemblages qui sont le plus fréquemment adoptées. La première (fig. 3) est la plus simple. Sa force dépend entièrement des boulons, et, quand on a résolu de s'en servir, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est d'encastrer,

sur les faces traversées par les boulons, des bandes de fer suffisamment longues, ayant la largeur du bois, et destinées à recevoir la tête des boulons. Il n'est pas inutile de terminer ces bandes par de légers retours qui s'encastrent, en façon d'agrafes, un peu plus profondément dans les poutres, un peu au-delà des abouts.

La figure 4 est un autre assemblage également très-usité, mais pas aussi bon, parce que les boulons ne pressent pas les surfaces qui sont en contact dans une direction qui leur soit perpendiculaire, et qu'une pression oblique, comme celle qui se rencontre ici, doit avoir une certaine tendance à produire de la séparation entre les surfaces réunies, sans qu'il en résulte pour le système aucun avantage d'une autre espèce qui puisse faire compensation.

La figure 5 représente un assemblage dans lequel on peut se passer des boulons, mais il est clair que sa force ne serait pas même tout-à-fait égale à la moitié de celle d'une poutre d'une seule pièce. La clef, ou double coin, placée en *a*, devant y être introduite à l'effet seulement d'amener les pièces contre leurs aboutements respectifs, il vaudrait mieux s'en passer que de l'enchâsser de manière à produire sur le joint un effort continuel trop énergique. Aussi n'est-il pas nécessaire, quand on adopte la disposition de cette figure, d'y faire entrer la clef qu'on y voit dessinée, excepté quand on doit y adapter aussi des boulons. Dans ce cas, il est désirable de pousser, au moyen de la clef, les deux pièces réunies contre leurs aboutements, avant l'introduction des boulons. L'addition de ces boulons, avec celle de garnitures en fer, rend excellent l'assemblage dont on vient de parler.

La figure 6 n'est qu'une légère modification de l'assemblage décrit ci-dessus. Les clefs y sont supposées de bois dur; et, plus serré en est le grain, mieux vaut la clef. Sous cette forme, l'exécution de l'assemblage n'offre aucune difficulté, et, quand on adapte les boulons, on en retire un aussi bon résultat que du précédent.

La figure 7 représente une forme très-commune, mais qui n'en est pas moins bonne pour cela; quoiqu'elle soit évidemment inférieure aux deux précédentes (fig. 5 et 6) et qu'il soit beaucoup plus difficile d'en obtenir la parfaite exécution.

Quand des boulons doivent être employés, et il est toujours nécessaire d'en mettre, quand il s'agit de pièces exposées à de grands efforts, l'assemblage que représente la figure 8 est un assemblage excellent sous tous les rapports.

La figure 9 diffère de la précédente en ce qu'elle a des

clefs, au lieu de crénelures ou crémaillères sur les faces de jonction.

La figure 10 représente un assemblage où les joints obliques du dernier exemple sont supprimés, et le même degré de force n'en est pas moins obtenu. Il est aussi simple à exécuter qu'à dessiner, puisque les faces de jonction sont toutes parallèles ou perpendiculaires aux axes des pièces.

Pour déterminer la grandeur qu'il convient de donner à une empatture, il est nécessaire de connaître la force qui poussera les fibres du bois à glisser les unes contre les autres : ceci est une application des règles de la mécanique dont il a été parlé dans l'introduction. Pour appliquer ces règles à notre exemple, soient A et B (fig. 11) les parties extrêmes de deux poutres assemblées l'une avec l'autre bien exactement, sans boulons, et sollicitées par des forces agissant dans la direction commune de leurs longueurs : il est clair que la force de la partie cb doit être exactement égale à la force qui tend à faire glisser les fibres correspondantes à la ligne ponctuée cd ; car si la partie cb était trop courte, le joint ne serait pas aussi fort qu'il devrait être. D'un autre côté, si la profondeur de l'aboutement ac était trop petite, cet aboutement pourrait être écrasé ou entraîné par la pression : ainsi donc, les diverses parties de l'assemblage doivent avoir entre elles un rapport tel que le joint ait une égale force dans toutes ses parties.

Dans le premier moment de l'extension et de la compression, la résistance est égale à la force agissante : donc, la profondeur de l'aboutement ac doit être égale à la partie cd, afin que l'effort puisse être égal. Il est alors évident que, quand il n'y a qu'un aboutement, comme dans cet exemple, la profondeur ac doit être égale à un tiers de la profondeur totale. Ainsi donc, soit d la profondeur, ou l'épaisseur de la poutre, et m, le nombre des aboutements $\frac{d}{3m}$ doit être la profondeur de chacun d'eux; ou bien encore, en d'autres termes, la somme des profondeurs des aboutements doit toujours égaler le tiers de l'épaisseur entière de la poutre.

Pour trouver maintenant la longueur de la partie cd que nous avons appelée empatture, il est nécessaire que nous connaissions le rapport entre la force de la résistance que le bois oppose à la séparation de ses fibres, comparativement à la force qu'il peut opposer à leur écrasement, à ce que l'on appelle vulgairement sa force de cohésion. Si ce rapport est égal à $\frac{1}{n}$, quel que soit le nombre n, la longueur de cd doit

égaler $cb \times n$: ainsi, dans le chêne, le frêne et l'orme, le rapport $\frac{1}{n}$ variant entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{10}$, la partie cd de l'assemblage doit varier entre 8 et 10 fois cb.

Dans le sapin et les autres essences à fibres grenues, cd doit avoir de 16 à 20 fois la grandeur de cb.

De cette remarque dérivent certaines maximes suffisamment exactes dans la pratique :

1° Dans le chêne, le frêne et l'orme, la longueur entière de l'empatture cd doit être égale à 6 fois l'*épaisseur* de la poutre, quand on n'y adapte pas de boulons ;

2° Dans le sapin, la longueur de l'empatture doit avoir environ 12 fois l'épaisseur de la poutre, toujours quand on n'y met pas de boulons ;

3° Dans le chêne, le frêne et l'orme, la longueur entière d'une empatture qui tire seulement sa force des boulons, doit avoir environ 3 fois la *largeur* de la poutre : elle doit avoir 6 fois cette même largeur dans le sapin ;

4° Quand les boulons et les aboutements ou renfoncements pour inscrustations sont simultanément employés, la longueur entière du l'empatture, pour le chêne et les autres bois durs, doit être de 2 fois l'épaisseur : pour le sapin et autres bois mous, elle doit avoir 4 fois la même épaisseur.

Dans tous ces cas, la profondeur des entailles et la longueur de l'assemblage devront être déterminées par les mêmes règles que pour les poutres soumises à des efforts agissant suivant leurs longueurs.

Quand on assemble des poutres devant résister à un effort transversal, il y aurait un grand avantage à substituer aux boulons des bandages et des plaques en fer, ainsi que le font les charrons et les constructeurs de navires, et il serait fort aisé de confectionner l'assemblage de manière que le bandage s'y adapte exactement pour bien serrer.

Il n'existe aucune partie de la charpenterie qui requière plus de correction de la part d'un ouvrier que les assemblages de charpente, parce que toutes les crénelures doivent coïncider exactement, si l'on ne veut pas que le système perde la plus grande partie de sa force. D'après cela, il est facile de comprendre combien peu sont avantageuses certaines dispositions compliquées qui se trouvent indiquées dans les vieux ouvrages sur la charpenterie. Il est certainement très-absurde de rendre d'une confection difficile un travail dont la force entière dépend d'une exécution parfaite qu'il est presque impossible de réaliser. Il y a pourtant, dit le professeur Robinson, nombre de gens qui semblent viser à

à rendre une poutre de plusieurs morceaux plus forte que si elle était d'une seule pièce, et c'est ce but inconsidéré qui a donné naissance à des crénelures et des combinaisons d'assemblages plus fantastiques les unes que les autres.

§ 2. DE L'ALLONGEMENT DES POUTRES DESTINÉES A RÉSISTER A DES EFFORTS TRANSVERSES, ET DES POUTRES EMPLOYÉES DANS LES ÉDIFICES.

Les poutres qui doivent résister à des efforts dirigés transversalement, ont plus souvent besoin d'être rallongées que toutes les autres, et, de la nature même de ce genre d'effort, résulte une forme particulière d'assemblage qui est différente de celle qui vaudrait le mieux, si la poutre était sollicitée par une force agissant dans la direction même de la poutre. Il y a des cas où les poutres sont exposées en même temps à des efforts de ces deux sortes; mais le transversal est généralement le plus important des deux. Nous avons un exemple de cela dans l'entrait d'une ferme, où l'effort dans le sens de la longueur est incomparablement moindre que l'effort transverse.

Soit C D (fig. 12) une poutre pressée par une charge en E, et supportée par les deux bouts. Toutes les parties au-dessus de son milieu *bc* seront comprimées, et celles qui sont audessous seront allongées, étirées. Donc l'aboutement carré *ae* est meilleur pour la partie supérieure que toute autre espèce de jonction, quelle qu'elle soit; car il est évident que tout joint oblique doit être rejeté, relativement au côté comprimé. Dans cette figure, la totalité de la force de la partie inférieure réside dans les boulons et la garniture.

La figure 13 représente une autre disposition où le côté inférieur, celui qui tend à l'extension, est incliné de façon à ce que sa force ne dépende pas entièrement de la garniture et des boulons; une clef y est introduite pour bander l'assemblage. Si le joint eût été taillé suivant la ligne ponctuée au lieu de l'être suivant la ligne oblique qu'on a suivie, il est de toute évidence que la résistance de la poutre eût été beaucoup moins grande.

La figure 14 est une autre forme d'empatture avec quelques modifications.

La figure 15 est une perspective cavalière d'un assemblage vu d'angle, où la jonction des poutres est effectuée d'une autre manière. Une plaque de fer existe en *abcd*, mais n'a pas été dessinée afin de laisser voir la languette ou tenon *e* qu'elle recouvre. Cette méthode paraît devoir conserver au

bois une partie plus grande de sa force que ne le fait toute autre méthode : elle peut être judicieusement adoptée pour un entrait qui serait en même temps pressé traversalement et tiré dans les deux directions opposées de sa longueur.

Dans tous ces cas, la profondeur des crénelures ainsi que la longueur de l'empatture s'obtiendront par les mêmes règles que pour les poutres tirées dans le sens de leur longueur.

Quand on assemble des poutres pour résister à un effort transversal, il est très-avantageux de substituer aux boulons des cordages de fer disposés de façon à maintenir solidement le système, en serrant l'empatture à la façon d'un cercle de tonneau.

Il n'existe au reste aucune partie de la charpenterie qui exige plus de précision dans la main-d'œuvre, que celle qui a pour objet la jonction des poutres. Toutes les crénelures, en effet, doivent se rapporter exactement l'une à l'autre dans les deux pièces réunies, si l'on ne veut pas que la majeure partie de la force soit perdue. Cette observation doit faire pressentir combien peu avantageuses sont certaines dispositions qu'on rencontre dans les vieux ouvrages : compliquées au dernier point, elles n'auraient de valeur qu'à la condition d'être parfaitement exécutées, et leur complication même rend cette perfection impossible à obtenir.

Construction des poutres.

La manière de construire les poutres a déjà été précédemment indiquée dans le corps même de cet ouvrage : il n'est cependant pas superflu de rappeler ici que la disproportion des dentelures qu'on y emploie n'est pas une chose indifférente. On doit comprendre en effet, que quand deux pièces planes sont mises l'une sur l'autre et supportées à leurs extrémités, toute pression exercée au milieu par un poids assez fort doit tendre à fléchir les deux pièces, en faisant glisser l'une contre l'autre les surfaces de contact. Dans ce mouvement, chacune des extrémités de la pièce supérieure tend à dépasser et dépasse bientôt l'extrémité correspondante de la pièce de dessous. On s'oppose efficacement à ce glissement des deux surfaces, en crénelant le système de la manière indiquée par la figure 16 et qu'il est nécessaire de boulonner. Si les mêmes crénelures étaient renversées comme dans la figure 17, elles ne produiraient presque aucun effet, et les boulons seuls combattraient le glissement des surfaces.

Quelle que soit la place du point C (fig. 16), où s'exerce le principal effort de la charge sur la poutre, c'est en les diri-

geant vers ce point, qu'on doit échelonner les crénelures, en les dessinant de manière à présenter carrément à la direction de la force la surface de l'aboutement qui est perpendiculaire à la ligne du glissement. Quand la poutre est uniformément chargée sur toute sa longueur, le point C du plus grand effort, est au milieu de la poutre : c'est parce qu'on rencontre des crémaillères disposées comme dans la figure 17, aussi bien que de disposées comme dans la figure 16, que nous nous sommes arrêté à l'observation qui précède.

Quand la profondeur des dentelures est trop petite dans une poutre d'assemblage, ces dentelures ne sont pas capables de résister à la pression : quand, au contraire, elles sont trop profondes, le nombre des fibres qui résistent étant trop diminué, la poutre perd une grande partie de sa force ; c'est entre ces deux extrêmes qu'il faut se maintenir pour obtenir le résultat le plus avantageux, et ce maximum de résistance, l'expérience indique que pour y arriver, il faut veiller à ce que le sommet des crénelures ne s'élève pas au-dessus des 2/3 de l'épaisseur de la poutre, et que la base de leurs aboutements inférieurs ne descende pas au-dessous du tiers de la même dimension : de cette manière, les crénelures occupent la partie moyenne de l'épaisseur divisée en trois.

§ 3. DE L'ALLONGEMENT DES POUTRES DESTINÉES A RÉSISTER A DES FORCES DE COMPRESSION.

Quand un poteau ou un support doit avoir plus de longueur que n'en a le bois qu'on peut se procurer, comme cela arrive souvent dans la construction des tours en bois, de pyramides, de ponts de bois, ou de cintres, on peut employer les mêmes formes de jonction que s'il s'agissait de pièces subissant un effort de traction longitudinale, avec cette différence toutefois qu'il ne doit y avoir aucune partie de l'assemblage disposée obliquement ou de biais : ainsi les figures 3, 5, 6, 10, 11 et 15 conviendront également à des poteaux comme à des entraits ; seulement, dans le cas de poteaux, il vaudra mieux mettre aux extrémités des languettes comme on en voit une en *e* (fig. 15).

Dans la figure 1, une pièce latérale ferait un bon effet sur chacune des quatre faces, à moins qu'on ne trouve moyen d'y suppléer par quelque autre mode de consolidation applicable à ce genre de rallongement. Ce n'est pas, il est vrai, une élégante méthode d'aboutement, mais c'en est une qui est suffisante pour des constructions temporaires, comme dans les grands cintres en bois établis pour la construction des

arches auxquelles on en emploie, et dans d'autres circonstances, ou des aboutements plus soignés seraient déplacés singulièrement.

§ 4. ASSEMBLAGES ANGULAIRES OU PAR EMBRANCHEMENTS.

1° *Assemblages destinés à supporter une charge.* — L'assemblage d'une solive avec un chevêtre, est un exemple de ce genre de jonction. Les plus grands efforts sur les fibres d'un chevêtre s'exercent sur celles des surfaces supérieure et inférieure, et l'intensité de la pression va en diminuant, à mesure que l'on se rapproche de celle qui correspond au milieu de l'épaisseur de la pièce, où elle devient sensiblement égale à zéro. Il résulte de là que la place la plus convenable pour y pratiquer une mortaise, est précisément au milieu de cette épaisseur.

La face supérieure étant comprimée, quelques écrivains se sont imaginé que le tenon devait être disposé de manière à presser sur le chevêtre autant que la chose pouvait se faire, sans qu'il en résultât d'amoindrissement pour la force de cette dernière pièce. Ceci est une erreur, car, pour quiconque connaît quelque chose à la pratique de la charpenterie, c'est une vérité incontestable que l'on ne saurait obtenir de bons résultats en agissant ainsi. D'un autre côté, le retrait du bois rendrait bientôt l'assemblage branlant, quelque serré qu'on l'ait établi dans l'origine.

Sachant que la place la plus convenable pour une mortaise, dans un chevêtre ou dans toute pièce ayant une position pareille, est précisément au milieu de son épaisseur, la première chose qui nous reste à faire, c'est de rechercher quelle doit être, pour le tenon, la place préférable et la meilleure forme.

Si le tenon est près de la face inférieure, il aura évidemment l'avantage d'utiliser une plus grande partie de la force de la solive; mais cette position ne peut être adoptée par rapport au chevêtre. Aussi, la forme la plus généralement usitée, celle qui est représentée fig. 18, est celle qui paraît réunir tous les avantages désirés. Le tenon y occupe un sixième de l'épaisseur, et il commence à un tiers de cette épaisseur à partir du côté inférieur.

Les solives et toutes les autres pièces ayant une position analogue, ne devraient jamais être faites avec un double tenon; car, comme M. Price l'a judicieusement remarqué, cela affaiblit le bois qui reste, et ce n'est que fort rarement que les deux tenons s'appuient en même temps d'une manière

égale sur les parties inférieures de leurs mortaises respectives.

Toutes les pièces horizontales ayant pour fonction de porter une charge devraient être encastrées sur le haut de leurs supports, toutes les fois que la chose se peut, au lieu d'être assemblées avec eux, parce qu'il y a beaucoup de force de conservée au bois en agissant ainsi ; la même observation s'applique aux pièces inclinées, comme par exemple aux chevrons ordinaires, qu'il vaut mieux encastrer qu'assembler à tenon dans les sablières.

Joints d'embranchement. Le résultat qu'il s'agit d'obtenir dans tout système d'embranchement, c'est d'amener toutes les pressions à s'exercer suivant la direction même des pièces dont l'embranchement est composé. Il suit de là que la forme du joint doit être façonnée de manière à diriger l'action des forces suivant les axes mêmes des différentes pièces de bois. Aussi quand la direction d'un effort ne coïncide pas avec l'axe de la pièce qu'il sollicite, son intensité se trouve par là considérablement augmentée. Ensuite, d'après la forme des joints communément employés, soit par l'effet de la dessiccation, soit en raison même de l'établissement du système, il doit arriver fréquemment que les abouts portent seuls toute la charge que l'assemblage devrait se partager, résultat qui non-seulement donne une puissance de levier considérable à la force de pression, mais expose encore la partie la plus aiguë de l'assemblage, sur laquelle porte toute la pression, à céder à son effort, en se comprimant ou en s'écrasant, ce qui change la disposition du système, en détruit l'équilibre et en amoindrit de plus en plus la force de résistance. L'étendue du mal occasionné par des accidents de ce genre devient très-manifeste quand les efforts sont considérables. Dans les arches du pont de Neuilly, sept ou huit pièces de chaque assemblage se fendirent d'un bout à l'autre, et beaucoup d'autres fléchirent considérablement. Dans ces arches pourtant les jonctions n'étaient pas très-inclinées : s'il en eût été autrement, les dégâts eussent été encore beaucoup plus sérieux. Personnet en ayant reconnu la cause, y remédia, en donnant aux abouts la forme d'un arc de cercle ayant son centre à l'autre extrémité de la pièce.

On a eu recours à une semblable méthode, lors de la construction d'un cintre pour le pont de Saint-Maxence, et aussi pour celui du pont de la Concorde à Paris ; et cela empêcha deux fois les assemblages d'éclater ou de se disjoindre. Le principe pourtant n'était pas nouveau, puisque dès 1545 il avait été recommandé, pour les assemblages des

colonnes en pierres, par Serglio, dans son cours d'architecture.

Les aboutements circulaires ne sont pas moins chaudement recommandés par M. le professeur Robinson, dans le Supplément de l'*Encyclopédie britannique*, et il est certain qu'on peut les employer avantageusement. Le principe de leur construction se trouve dans le jouet d'enfant appelé bilboquet, ainsi que dans les articulations des membres de tous les animaux. Ces articulations réunissent à une grande latitude pour les mouvements dans plusieurs sens différents, une non moins grande uniformité de pression sur tous les points. Ces aboutements requièrent, je n'en disconviens pas, un peu plus de main-d'œuvre; mais, quand même la main-d'œuvre serait doublée, ce ne serait encore qu'une bagatelle en comparaison des avantages obtenus, quand il s'agit d'une construction de quelque importance, et ce n'est que pour celles qui sont dans ce cas, que nous en recommandons l'emploi.

Il est évident que, lorsque l'une des deux pièces se déplace, un déplacement correspondant se manifeste à leur jonction, et quand le rayon de courbure de l'about est petit, comme il l'est dans les articulations des animaux, le mouvement qui en résulte est alors presque imperceptible. Pour une ferme de 10 mètres d'amplitude, dit Tredgold, une flexion de 12 millimètres au milieu n'occasionnerait pas à la jonction un déplacement plus considérable que n'en produirait une flexion de 1/10 de millimètre au milieu de la pièce.

Nous pouvons maintenant mentionner les assemblages les plus communément rencontrés, et faire remarquer certains avantages plus grands qu'on pourrait tirer de quelques-uns d'entre eux par de légères modifications qu'on apporterait à leur forme habituelle.

Quand l'une des pièces est perpendiculaire à l'autre, comme par exemple un poteau sur un patin, la méthode la plus usitée, et en même temps la plus facile à exécuter, est de tailler l'about carrément, en y adaptant un petit tenon ayant environ 1/4 de l'épaisseur de la solive, pour la maintenir solidement à sa place.

Cependant si l'about n'est pas taillé très-soigneusement, la charge entière ne portera pas sur l'endroit voulu, et par conséquent le centre de pression ne coïncidera bientôt plus avec l'axe du poteau, et sa force de résistance de stabilité en sera considérablement amoindrie.

Si au lieu de tailler le poteau carrément, on donnait à la coupe une forme angulaire, ainsi qu'on en voit une sur la figure 19, il suffirait de très-peu de soin dans l'exécution de

la taille, pour faire en sorte que le centre de la pression coïncidât avec l'axe.

Maintenant, il est évident que dans le cas d'un about angulaire aussi bien que dans celui d'un about taillé carrément, il suffira d'une légère déviation de la perpendicularité dans la direction de l'axe du poteau pour faire porter la pression sur une arête de la coupe, tandis que quand on donne au pied du poteau la forme d'un arc dont le centre serait sur l'axe, et dont le rayon serait un tant soit peu plus grand que la demi-largeur du poteau, ainsi que cela se voit représenté sur la figure 20, il est toujours possible d'amener le poteau à cette position perpendiculaire, tout en ne renonçant pas à l'avantage de le faire porter uniformément sur tous les points de la surface d'aboutement.

Quand l'embranchement est biais, ou que la pièce qui doit s'assembler dans une autre rencontre celle-ci perpendiculairement, l'assemblage des deux pièces peut s'exécuter suivant deux méthodes qui se trouvent souvent réunies dans un arbalétrier, l'une à la tête de cette pièce, l'autre à son pied.

Avant de donner la description de ces deux méthodes, nous rappellerons au lecteur que la direction et la grandeur des efforts de la pièce inclinée ne dépendent aucunement du genre d'assemblage qu'on y doit adapter; mais que toute modification faite à la direction de l'aboutement transporte la pression d'une direction à une autre, et produit une décomposition différente de la force de pression; ce qui, quand la forme de coupe est maladroitement choisie, peut faire acquérir un bras de levier puissant à une force dirigée de manière à faire éclater l'assemblage à l'endroit où il offre le moins de résistance.

La résistance d'un aboutement est, au reste, toujours plus efficace quand la surface qu'il présente à la pression est perpendiculaire à la direction de cette force. Quand l'assemblage est à angle droit, ce résultat s'obtient aisément; mais quand l'embranchement a lieu sous un angle très-aigu, il est très-difficile de tailler l'about carrément, sans ôter à la poutre qui le reçoit presque toute sa force de résistance, à cause de la profondeur de l'entaille qui reçoit l'about encastré.

Soit ABC (fig. 21) l'assemblage d'un arbalétrier avec un entrait. Dans cette figure, nous avons AB qui représente la direction de la force qui agit suivant la longueur de l'arbalétrier, et B*a*, la face inférieure de l'aboutement. Tirez *ac* perpendiculairement à B*a* : alors, d'après le principe de la résolution des forces, *ca* représentera la pression exercée sur la base inclinée de l'assemblage, tandis que B*a* sera la force

de pression exercée sur la face d'aboutement B*d*. C'est à cette pression que le bout de l'entrait doit résister, et il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, il lui résistera plus efficacement, si B*d* est perpendiculaire à B*a*, que s'il en était autrement.

La figure 21 représente un des assemblages les plus communément employés. B*a* et B*d* sont les deux surfaces de l'about, et elles sont perpendiculaires entre elles. La ligne *be*, parallèle à B*a*, est la base du tenon qui ne doit avoir pour épaisseur que le sixième de celle de la pièce encastrée. Les aboutements de ce genre pourraient presque toujours être plus profondément encastrés qu'on ne le fait ordinairement : il n'y a pas en effet d'inconvénient à ce que B*d* surpasse un peu la moitié de la largeur de la pièce encastrée, et l'on doit même veiller, en refouillant l'entrait, à ce qu'il y ait dans l'encastrement le jeu nécessaire, mais tout juste nécessaire pour que le contact suivant B*d* soit aussi complet que possible.

L'assemblage représenté par la figure 22 est approuvé par quelques auteurs, mais généralement aujourd'hui on lui préfère l'assemblage précédent. La ligne ponctuée représente la forme du tenon qui convient à ce genre d'aboutement.

La figure 23 représente une très-bonne forme de coupe pour l'assemblage incliné, parce que la face d'aboutement y est perpendiculaire à la direction de l'effort qui agit sur elle, en supposant toutefois que cet effort soit dirigé suivant la direction de la pièce inclinée, ce qui est presque toujours le cas des pièces de ce genre.

Pour se rendre compte des détails et de l'exécution de ce genre d'assemblage, il suffit de jeter les yeux sur les figures A et B (fig. 36 *bis*), qui représentent le pied d'un arbalétrier et l'extrémité d'un tirant exécutés d'après le procédé de la figure 23. Le tenon ici ne fait plus partie de la pièce encastrée qui reçoit au milieu une mortaise très-facile à exécuter.

La figure 24 représente un aboutement circulaire. La ligne AB*y* indique la direction de l'effort, et *c* le centre qui doit être sur l'axe. Le rayon doit surpasser la moitié de la largeur de la pièce inclinée. Au reste, un seul coup-d'œil jeté sur les figures C et D (24 *bis*) fera mieux comprendre l'exécution de ce genre de coupe, que ne pourrait le faire la description la plus minutieuse.

Quelques assemblages se construisent avec deux aboutements; mais cette manière de travailler exige beaucoup de précision dans le tracé, beaucoup de précaution dans la main-

l'œuvre, et comme alors, la solidité de la ferme dépendrait entièrement du plus ou moins de soin que l'ouvrier donnerait à l'assemblage, on a fini par reconnaître en principe qu'un seul aboutement valait mieux que deux. M. Robinson a fait très-justement observer que, vu la difficulté de mouvoir à volonté de longues pièces, il y a un inconvénient à plusieurs fois éprouver un assemblage, pour voir jusqu'à quel point les deux parties se conviennent, ce qui fait que l'on ne soigne pas comme il faut le travail intérieur, sauf à laisser trop de jeu aux tenons. Voilà pourquoi les charpentiers qui ont de l'expérience donnent toujours la préférence aux assemblages dont l'efficacité, la stabilité reposent principalement sur ce qu'il y a de visible dans la coupe : l'intérieur pouvant être vicieux sans qu'il y paraisse. En un mot, pour en finir, les assemblages à deux aboutements offrent plus de difficulté dans leur construction, et cet inconvénient n'est compensé par aucun autre avantage.

L'assemblage de la tête d'un arbalétrier diffère de celui de son pied à quelques égards, mais la différence n'est pas importante quant aux principes de la forme de la coupe. Soit pris, par exemple (fig. 27), un poinçon ayant son extrémité supérieure ou sa tête plus large que le reste de son étendue, afin de rendre plus solides les aboutements pratiqués en *a*, *a* : il est évident qu'on pourra, comme du côté droit, tailler l'aboutement perpendiculairement à la direction de l'arbalétrier A, en donnant à celui-ci un tenon tel que le représentent les lignes ponctuées de la figure. Quand la tête du poinçon n'est pas assez large pour qu'on y puisse sans inconvénient faire l'entaille nécessaire à l'encastrement carrément fait de l'arbalétrier A, on emploie le procédé indiqué à gauche pour l'arbalétrier B. Dans les deux cas, il faut laisser l'assemblage un peu ouvert, un peu lâche en *a*, pour faciliter la pose lors de la mise en place.

On peut employer les mêmes dispositions pour des assemblages de contre-fiches ou d'aisseliers, et généralement pour des pièces obliques, telles que C et D (même figure), qui s'assembleraient par leur pied dans un poinçon ou dans tout autre poteau montant.

On voit en E, à côté de la figure 27, la manière dont le poinçon est assemblé dans l'entrait, et de quelle manière on peut consolider leur embranchement avec une garniture en fer boulonnée deux fois sur le poinçon.

Pour se rendre un compte exact des détails de l'assemblage de chacune des différentes pièces qui s'assemblent avec le poinçon de la figure 28, pl. XVI, il suffit de jeter un coup-

d'œil sur les perspectives cavalières indiquées sur la planche par les lettres E et F (fig. 28 *bis*) : *a b* y étant sur l'épure perpendiculaire à *bc*, ce genre de coupe vaut mieux que le précédent, d'après les raisons qui ont été données ci-dessus.

La figure 29 est un assemblage de même nature que les précédents, mais tous les abouts y sont circulaires, et leur construction, faite d'après les principes ci-dessus énoncés, ne présente aucune difficulté, ni pour le tracé, ni pour les détails dont on se rend compte très-aisément en jetant les yeux sur les perspectives A, D, G qui accompagnent l'épure. Au-dessous de ces trois morceaux se trouve indiquée la vue de l'extrémité inférieure d'une contre-fiche dont l'about est également taillé suivant un arc de cercle. Deux tasseaux sont représentés sur la figure principale, l'un, celui du haut, sert à augmenter le nombre des points d'appuis de la pièce qui s'embranche horizontalement à la tête du poteau ; l'autre, placé à la droite de son pied, sert à contrebalancer la poussée que la contre-fiche exerce sur le pied du montant. La garniture en fer sert à suspendre l'entrait au poinçon comme dans les figures précédentes.

Au lieu de la méthode ordinairement employée pour assembler avec les poinçons portés ou suspendus les extrémités des arbalétriers, contre-fiches, etc., il est beaucoup plus avantageux d'opposer ces pièces tête-à-tête ou pied-à-pied, d'appliquer des pièces parallèles sur l'assemblage des trois pièces et de consolider le système avec des boulons convenablement distribués. Les figures 30 et 31 sont suffisantes pour indiquer les détails de ce genre d'assemblage, principalement adapté à ce que l'on appelle poteaux pendants ou poinçons suspendus : on en voit des exemples au pont de Schaffausen et à la ferme du manège de Moscou.

Les charpentiers allemands et plusieurs autres placent une plaque de plomb entre les surfaces d'aboutement de leurs assemblages, à l'effet de distribuer également la pression sur tous les points des deux surfaces. Cette méthode n'est pas cependant aussi utile dans les ouvrages en bois que dans ceux en pierre : une plaque de fonte entre des surfaces d'aboutements en bois serait peut-être plus avantageuse, telle est au moins l'opinion de Tredgold, de l'ouvrage excellent duquel presque tous ces détails sont extraits.

§ 5. ASSEMBLAGES DÉFECTUEUX DES ENTRAITS, ETC.

Il n'existe pas de partie dans la charpenterie où la défectuosité des assemblages soit accompagnée d'inconvénients

aussi sérieux que l'exécution des assemblages d'entraits. Il n'existe pas non plus d'assemblages qui soient aussi mal construits que ceux-là. C'est que ce n'est pas chose aisée que de bien assembler un entrait, eu égard à la constitution même du bois dont la nature est telle que beaucoup d'entraits sont employés, qui devraient être bannis des combinaisons adoptés, à moins qu'il ne soit tout-à-fait impossible de le faire.

On a déjà dit ailleurs que les queues d'aronde devraient être repoussées des ouvrages de la charpenterie. Or, cette maxime doit être surtout mise en pratique toutes les fois que ce genre d'assemblage a pour but, comme dans le cas des entraits, d'unir deux pièces de bois l'une avec l'autre.

Supposons, par exemple, que la lettre A (fig. 25, pl. XV) représente l'angle d'un bâtiment dont les sablières sont assemblées en queues d'aronde, la partie *a b* étant à contre-fil du bois devra se raccourcir en séchant, et l'autre pièce étant à droit-fil n'éprouvera qu'un insensible raccourcissement. Donc, le moindre degré de raccourcissement permettra au joint de tirer considérablement, ainsi que cela est indiqué par les lignes ponctuées, et cela contribuera, comme le ferait un coin, à désassembler les deux pièces. Un assemblage constitué ainsi que l'indique la figure 26 ne ferait pas résulter un inconvénient pareil d'un raccourcissement du bois, fût-il même plus considérable. Concluons-en qu'un assemblage ainsi pratiqué vaut mieux dans ce cas qu'un assemblage à queue d'aronde.

Les assemblages et tenons de cette espèce ont toujours été jusqu'ici fréquemment adaptés à beaucoup de pièces de charpente, tels que faux-entraits de petites fermes, extrémités inférieures de poinçons portés et suspendus, jonctions de sablières, etc., etc. Dans tous ces cas, ce sont les pires assemblages que l'on puisse employer. L'assemblage connu sous le nom anglais de *carpenter's boast* (le triomphe du charpentier), doit être également rejeté comme aussi défectueux que tous ceux qui appartiennent à la classe des queues d'aronde.

La figure 32 représente une manière d'assembler un faux-entrait C avec un arbalétrier B, qui est de beaucoup préférable à leur réunion en queues d'aronde.

Une vigoureuse cheville de chêne dur, mais taillée à droit fil, est une excellente chose à ajouter aux assemblages d'entraits : c'est plus économique qu'un boulon de fer. Rien ne prouve mieux d'ailleurs l'utilité des chevilles que le fréquent usage qu'on en a toujours fait dans la charpenterie ; mais il

faut une certaine habitude du chevillage pour percer les trous de façon que l'introduction de la cheville rapproche l'une de l'autre les surfaces qui doivent se toucher dans un assemblage chevillé.

§ 6. LIAISON DES ASSEMBLAGES, CHEVILLES DE BOIS ET SEMELLES DE FONTE.

Les diverses parties d'un assemblage peuvent être attachées l'une à l'autre au moyen de chevilles de bois, de clous, de vis et de bandages. Les cas où l'interposition d'une matière collante peut être employée sont rares et sans importance, parce que les variations que les points de résistance subissent dans les assemblages de charpenterie, sont rendues trop fréquentes et trop considérables par le retrait ou par la flexion des bois pour que de la colle puisse leur résister. Dans la menuiserie et l'ébénisterie, c'est bien différent, parce que les mêmes inconvénients ne s'y rencontrent pas au même degré.

Chevilles de bois. La liaison des assemblages au moyen de chevilles est une vieille et efficace méthode qui continue encore à être la meilleure des méthodes à employer dans de très-nombreuses circonstances. La section de la cheville doit être au moins suffisante pour résister à l'effort qui tend à la rompre par son travers; et, quand les chevilles sont établies dans le but de serrer l'assemblage, la flexion de la cheville mise en place doit être moindre que celle qui correspond à la courbure qu'on lui donne, autrement l'effort sur la cheville serait trop considérable.

Les bois durs et droits font les meilleures chevilles, et dans ces derniers temps il a été pris plusieurs brevets pour comprimer le bois et le rendre ainsi meilleur pour la confection des chevilles. Sur tous les chemins de fer on a substitué des chevilles en bois aux chevilles en fer qui fixaient jadis le rail sur le coussinet de jonction.

SEMELLES DE FONTE.

Une habitude s'est récemment introduite dans la construction des fermes ayant des poutres de bois, c'est de protéger leurs extrémités contre l'humidité et conséquemment contre la ruine à laquelle elles sont exposées en restant continuellement en contact avec la surface des briques ou des pierres dont les murs des bâtiments sont faits. On arrive à ce résultat au moyen de ce que les ouvriers appellent des semelles

ou des patins de fonte, c'est-à-dire au moyen de plaques qui s'attachent sous les extrémités des entraits où elles sont maintenues par des boulons à vis, des bandages en fer, ou d'autres ligatures métalliques.

Ces semelles elles-mêmes affectent un grand nombre de formes diverses qui dépendent des circonstances et de la situation des assemblages auxquels elles sont adaptées, en même temps que du but particulier que se propose l'architecte qui les emploie. Les figures 34 et 34 *bis* de la planche XVI représentent le plan et l'élévation de la semelle de fonte introduite sous la ferme de la fonderie de Butterley en Angleterre; cette ferme ayant son entrait en bois et le reste en fer. Le patin ou la semelle de cet assemblage, comme on le doit voir sur la figure, possède un pas d'encastrement pour l'extrémité de l'arbalétrier de fer avec lequel il est boulonné, ainsi qu'une retraite ou saillie pour recevoir un boulon dont le pied est scellé dans le mur.

Toutes les fois que, comme c'était ici le cas, les extrémités d'une ferme sont exposées à de la vapeur ou à de l'humidité provenant d'un mur sur lequel elle pose, on trouvera toujours un grand avantage de placer des semelles en fonte sous les tirants de bois, sans cela rien ne pourrait garantir de la moisissure et par suite de la ruine des assemblages exposés par la destination même du bâtiment à l'action destructive d'une perpétuelle humidité.

Dans la figure 35, A représente un entrait; B C, une semelle en fonte; C D, un fort lien de fer dont le glissement est empêché par un épaulement de fonte sous la semelle; E F, un boulon à pas de vis, et G, une sablière vue de coupe: *a* et *b* sont des saillies sous la semelle destinées à embrasser la sablière; et *c*, une troisième saillie encastrée dans l'entrait lui-même. Il est bien visible, rien qu'à l'inspection de la figure, qu'une semelle ainsi faite protège entièrement l'assemblage contre toute humidité qui viendrait du mur.

La figure 36 est une autre disposition du même genre employée à la ferme d'une chapelle construite en Angleterre sur les dessins de M. C. Parker. Sa forme est suffisamment indiquée par la figure pour ne pas exiger de description.

Devant avoir occasion, dans le chapitre suivant, de revenir sur ces appendices de fonte, ainsi que sur les liens et autres garnitures dont on aperçoit la présence dans les figures 27, 28, 29 et 31, nous terminerons cet examen critique des assemblages et de leurs accessoires par un article

extrait du répertoire des brevets d'invention pris en Angleterre, que nous intitulerons ainsi :

Assemblage par enfourchement de charpentes réunies par leurs bouts.

Cette espèce d'assemblage pour lequel une patente a été accordée, en 1835, à Robert, maître charpentier à l'arsenal royal de la marine, à Plymouth, est un perfectionnement apporté par lui aux manières habituelles d'unir les pièces bout à bout. Ce perfectionnement est applicable à la construction des mâts et mâts de hune des vaisseaux ; ainsi qu'à la construction des pilotis ; et à certaines autres constructions qui exigent l'allongement des charpentes ; ce qui doit apporter une grande économie, en ce que les mâts pourront être construits avec du sapin ordinaire, les mâts de hune avec des bois plus courts et moins coûteux ; et les pilotis avec toute longueur voulue.

Cette manière nouvelle d'assembler des pièces de bois bout à bout, consiste à former les parties repliantes de chacune des extrémités à joindre, de telle sorte que chaque partie repliante soit fourchue, les deux fourchons étant placés diamétralement opposés l'un à l'autre, par rapport au centre de la masse générale des pièces de bois à joindre, et les deux pièces étant assemblées de manière à ce que lesdits fourchons de chaque pièce s'entrecroisent réciproquement, et soient compris l'un entre l'autre : ainsi chaque fourchon de chaque fourche appartenant à l'une des pièces de bois, est en contact par ses deux faces avec chacun des fourchons d'une fourche appartenant à l'autre pièce. Pour cela, il faut aplanir les surfaces des fourchons qui sont mis en contact, et celle des fourchons qui se croisent et se coupent suivant l'axe central de la masse de chaque pièce de bois, et les extrémités des deux fourchons des fourches de chaque pièce doivent aboutir solidement contre les épaulements entre les fourches de l'autre pièce, de manière à remplir tout interstice entre les fourches des diverses pièces, et à faire la jonction des deux pièces de même épaisseur que les autres parties de la pièce. Cette jonction peut être consolidée par des boulons en métal, ou des chevilles insérées transversalement dans les fourchons des fourches, traversant les fourchons opposés de chaque fourche, de manière à les maintenir ensemble, et on peut les arrêter dans cette position en entourant convenablement la jonction de cercles en métal pour maintenir bien en contact les surfaces des fourchons. L'on peut aussi placer des bandes de métal sur les

côtés des pièces assemblées, de manière à dépasser la jonction et les fixer au bois au moyen de clous : cette méthode perfectionnée d'assembler bout à bout des pièces de bois, substituée à la manière qu'on appelle communément écarver, qui consiste en une jonction oblique des extrémités joignantes et repliantes, unira plus fortement les bois, en ce que l'extrémité jointe et repliante de chaque pièce est comprise entre deux parties de l'extrémité repliante correspondante de l'autre pièce, qu'elle est en contact des deux côtés de la ligne centrale des pièces de bois jointes, et que les extrémités aboutissantes des deux pièces de bois à joindre, sont en contact sur toute la surface de la section transversale du bois, ce qui rend cette méthode particulièrement applicable aux pilotis, aux pistons de pompe des puits de mines, ainsi qu'aux mâts, et à tous autres usages qui exigent une jonction très-exacte des pièces pour les rendre capables de résister à une pression longitudinale. Et pour l'explication plus complète de ma méthode, j'ai représenté dans la figure ci-jointe quelques-unes de ses applications; les figures 37, 38, 39 et 40 représentent le mode de jonction applicable aux pilotis. A est la masse solide d'une des pièces de bois, B celle de l'autre pièce, *a* et *n* les deux fourchons de la fourche de A, *b* et *m* ceux de la fourche de B; les surfaces des fourchons des fourches qui doivent être en contact latéral l'une avec l'autre, pour la jonction, sont des plans de biais qui se coupent au centre de la masse générale de la pièce de bois en allant d'un angle à l'autre, ainsi que le montre la section transversale (fig. 38). Les extrémités aboutissantes des fourchons *a* et *b* des fourches s'appliquent exactement aux épaulements *r* et *s*, comme le montre clairement la figure 37; et de même les extrémités des autres fourchons *m* et *n* aux épaulements correspondants aux autres côtés des pièces de bois, et remarquez que ces extrémités aboutissantes peuvent se terminer par des surfaces perpendiculaires à la longueur des pièces de bois, ou par des surfaces légèrement inclinées à cette même longueur, pour les faire tendre à rassembler les fourchons de chaque fourche chacun vers le fourchon opposé, au lieu de les faire tendre à s'écarter l'un de l'autre; chaque fourchon présente sa pointe au centre de la pièce de bois; tout ceci est suffisamment détaillé dans le dessin. Les figures 41, 42, 43, 44 représentent un semblable mode de jonction, pour le même but, ne différant du premier qu'en ce que les surfaces planes des fourchons qui doivent être en contact (lesquels fourchons se coupent au centre, comme avant), sont parallèles aux faces extérieures de la masse o-

lide, ainsi que le représente la section transversale (fig. 41), au lieu d'être en diagonale comme dans la figure 38. Tous ces exemples de ma méthode sont applicables à la jonction bout à bout de pièces de bois pour pilotis, à enfoncer en terre, pour les appuis ou supports usités dans la construction des bâtiments; pour les pistons de pompes à puits de mines, et autres objets semblables; remarquez que tous boulons, chevilles, cercles ou bandes de métal, appliqués dans la manière ordinaire de joindre des pièces de bois peuvent encore l'être dans celle-ci. Les figures 45, 46, 47, 48 et 49 font voir comment cette même méthode peut s'appliquer à la fabrication des mâts, mâts de hune, de beaupré, et autres; le mode d'assemblage étant le même, et les lettres employées, les mêmes que précédemment, il est inutile d'expliquer ces figures. Quant aux dimensions, les dessins sont faits à l'échelle, de sorte qu'on pourra observer les proportions convenables, dans l'application à des pièces de bois de grandeur quelconque, en se conformant chaque cas à la dimension du bois de manière à être toujours en accord avec le dessin.

Enregistré le 4 août 1835.

Remarque. Pour unir par ce procédé deux arbres de manière à n'en former pour ainsi dire qu'un seul de grosseur décroissante, il faut les choisir convenablement. Soit, par exemple, M la longueur du plus gros des deux arbres; D, son diamètre inférieur, et *d*, son diamètre supérieur. Si L est la longueur qu'il convient de donner aux fourchons de l'assemblage, il est évident que (M—L) sera la longueur réelle de la partie inférieure de la pièce du bas, puisque c'est à une distance (M—L) du bas de la forte pièce que se trouve le bas de la pièce du haut, c'est-à-dire de la moins grosse. Il suit de là que la seconde pièce M' doit avoir son grand diamètre D' égal au diamètre que possède la pièce M à une distance de sa base égale à (M—L). Il faut encore que la grosseur de la pièce M' aille en diminuant dans le même rapport que la pièce M, c'est-à-dire que la réduction métrique des diamètres doit avoir la même valeur dans les deux arbres; sans cela, le second ne ferait pas suite au premier.

Or, la réduction métrique absolue de la pièce du bas est égale à $\frac{D-d}{M}$: donc, à la hauteur où commence la poutre du haut, le diamètre de la poutre M, ou, ce qui revient au même, le diamètre D' de la poutre M' doit être inférieur au

diamètre d'une quantité égale à $\left(\frac{D-d}{M}\right) \times (M-L)$; et le diamètre d, du haut de la seconde pièce, doit être inférieur au diamètre D', qu'on vient de déterminer, d'une quantité égale à $\left(\frac{D-d}{M}\right) \times M'$, puisque cette extrémité est à une distance M' de l'endroit où la seconde pièce a commencé.

Soit 6 mètres la longueur de la pièce M ; 40 centimètres le diamètre inférieur et 32 centimètres le diamètre supérieur de la pièce M qui doit s'enfourcher avec une autre pièce à 5 mètres de sa base.

La réduction totale du diamètres, ou $(D-d) = 8$ centimètres : donc, $\frac{8^{cm.}}{6}$ est la réduction par mètre que l'assemblage doit avoir. Il suit de là qu'à 5 mètres de la base le diamètre doit être réduit de $\frac{40^{cm.}}{6} = 3^{cm.}66$ environ ; ainsi, la base de la seconde pièce doit avoir son diamètre égal à $40^{cm.} - 3^{cm.}66$, ce qui fait 36.34, à un dixième de millimètre près. Maintenant ce diamètre D' étant réduit dans le même rapport le long de la pièce M', si cette pièce a 9 mètres de longueur, on aura pour valeur de la nouvelle réduction $\frac{8^{cm.}}{6} \times 9$, ou $\frac{72}{6} = 6$, de sorte que la seconde pièce M', à son extrémité supérieure, n'aura plus qu'un diamètre $d' = 30^{cm.}34$.

Un coup-d'œil jeté sur la figure 48 *bis*, où les diamètres sont exagérés, suffira pour rendre évidente l'explication, ainsi que le calcul ci-dessus, si l'on suppose que la grosse pièce est *abcd*, et que la petite pièce est *efgh* ; car alors M est la longueur de *abcd* ; M', celle de *efgh* ; D, le diamètre *ab* ; *d*, le diamètre *cd* ; D', le diamètre *ef* ; *d'*, le diamètre *gh*, et L, la longueur de l'enfourchement *efcd*.

CHAPITRE IV.

Charpente en Fer, constructions accessoires, etc.

---

§ 1. DE L'EMPLOI DU FER DANS LA CHARPENTERIE EN BOIS.

Les anciens faisaient peu d'usage du fer dans leurs constructions en charpentes : de simples chevilles en bois dur leur suffisaient pour maintenir leurs assemblages et consolider leurs constructions. Maintenant on y emploie des clous, des vis, des boulons de différentes grosseurs et de différentes formes, des espèces de clous conjugués à distance, qu'on appelle clameaux, des frettes, des liens, des scellements, des bandes de fer, des étriers, des équerres, des tirants, et même quelquefois des chaînes. On y emploie aussi, et la mode s'en répand même de plus en plus, des supports, des consoles et des piliers en fonte combinés avec des poutres et des solives, dont les assemblages et les combinaisons doivent souvent à l'emploi du fer une élégance que n'avaient jamais les vieilles charpentes, dans lesquelles pourtant les ouvriers d'autrefois dépensaient tout ce qu'ils pouvaient avoir de force et de hardiesse dans l'imagination. Les bornes de cet opuscule ne nous permettent pas de faire autre chose sur ce sujet que de résumer ce qui se trouve en détail dans les grands ouvrages : celui de M. le colonel Emy renferme tout ce qu'on peut désirer savoir à ce sujet : il devrait être dans la bibliothèque municipale de toutes les villes qui sont désireuses d'avoir de bons charpentiers dans leurs murs.

1° *Des clous.* — M. Emmery (Pont d'Ivry, page 129) remarque que les chevilles de fer ou broches dont les pointes sont coniques ou pyramidales, déterminent presque toujours des fentes dans le bois ; il recommande avec raison de donner la préférence à celles dont les extrémités sont taillées en lames plates et tranchantes, à deux biseaux comme celle d'un fermoir ; et lorsqu'on les chasse dans le bois, il faut que le tranchant soit perpendiculaire aux fibres, et non dans leur sens, pour qu'il les coupe et ne les écarte pas. Les figures de la planche 17, depuis le n° 1 jusqu'au n° 9, représentent les deux projections principales des diverses sortes de clous employés dans la charpenterie. La figure 10 est un crampon

à 2 pointes, et les nos 12, 13 et 14 sont encore des clous avec patte, crochet ou anneau à la place de la tête.

Quand un clou dépasse le bois dans lequel il est enfoncé, et qu'on veut le river, il faut maintenir la tête en frappant du marteau la pointe obliquement.

2° *Des vis*. — Pour qu'une vis soit bonne, il faut que le filet soit mince et tranchant par son arête; que le fond du pas soit plutôt en forme de gorge que carré; que le pas soit bien égal en hauteur partout et que le corps soit cylindrique dans sa partie non taraudée, car dans la partie taraudée, le diamètre peut aller en augmentant progressivement vers la tête. Quand on veut que la tête d'une vis affleure, il faut lu préparer d'avance son logement dans le bois. Dans les bois tendres, on se contente d'amorcer le trou de la vis avec la pointe du compas. Les serrufiers se contentent alors d'enfoncer la vis à coups de marteau : c'est un usage pernicieux. Il est utile pour la conservation des vis, de les graisser avant de les introduire dans le bois : c'est le moyen qu'elles ne s'y rouillent pas. Dans les endroits humides, on doit préférer les vis en cuivre, mais alors elles doivent être plus fortes que si elles eussent été de fer.

Du n° 15 au n° 20, la planche XVII représente les principales sortes de vis avec tête, piton, ou crochet.

3° *Des clameaux* (*voyez* pl. XVII, de fig. 41 à fig. 44). — Ce sont des espèces de crampons à deux pointes perpendiculaires à la partie moyenne qui est plate. On les fait confectionner de la grandeur dont on a besoin et on les emploie ordinairement à maintenir côte à côte deux pièces de bois dont les surfaces sont sur le même plan. Une pointe entrant dans chaque pièce, si l'on y pousse plusieurs clameaux au moment où elles sont bien en place, il est clair que les clameaux s'opposeront à leur séparation ou à leur déversement.

4° *Des boulons* (*voyez* pl. XVII, de fig. 21 à fig. 38, les diverses sortes de boulons les plus employés). — Les trous à travers lesquels les boulons doivent passer sont percés avec grand soin, tout juste aux diamètres des boulons, très-droits et exactement dans la direction des boulons. Il y a de nombreuses espèces de boulons qui diffèrent par la forme de leur tête et par celle de leur écrou : il y en a aussi de taraudés par les deux bouts, mais leur description nous mènerait trop loin. On ne leur donne ordinairement que juste le diamètre nécessaire pour résister à la pression qui agit sur eux. Quand l'épaisseur totale des bois réunis est considérable, on doit préférer y mettre un boulon à deux écrous, et quand la pression est très-grande, il est bon de mettre au moins

deux rondelles sous les écrous. Les écrous de boulons se manœuvrent au moyen de clefs appropriées à chaque forme de tête. (*Voyez* pl. XVII, de fig. 74 à fig. 81.)

5° *Frettes* (*voyez* pl. XVII, de fig. 45 à fig. 53; puis les figures 65, 66, 67 et 68 dont la dernière est excellente pour les pièces carrées). — Ce sont des espèces d'anneaux ronds, carrés, octogones ou à pans formés par une bande de fer suffisamment large, suffisamment épaisse, soudée par les deux bouts et avec le plus grand soin. Pour qu'une frette serre bien la pièce de bois qu'elle enveloppe, il faut avoir soin d'abord de ne l'appliquer qu'à des bois très-secs; de donner un tant soit peu de dépouille à l'emplacement qui doit la recevoir, afin qu'on puisse la forcer de serrer en la chassant à coups de marteau, pour la pousser vers la partie la plus grosse du bois où on la retient au moyen de quelques clous. Autrement, après qu'on l'a forgée juste, et pendant qu'elle est encore chaude, on la met en place; et comme l'anneau se rapetisse par le refroidissement, il serre alors fortement la pièce qu'il enveloppe : c'est par un moyen semblable que l'on cercle en fer les roues de voitures.

Les mâts formés de deux pièces, d'après le système d'enfourchement que nous avons décrit à la fin du chapitre précédent, ont besoin, pour être maintenus, d'avoir plusieurs frettes échelonnées, qui consolident l'enfourchement de leurs deux pièces.

On fait usage de frettes oblongues pour retenir les arbalétriers dans leurs embrèvements sur les tirants. Ces longues frettes sont chassées à coups de masse à leur place et l'on fait en sorte qu'elles soient également inclinées sur les pièces qu'elles lient; puis on les retient sur les faces en pente par de forts clous chassés au-dessous d'elles. Il ne faut pas y pratiquer de trous : cela leur ôterait de leur force.

Il y a des frettes circulaires d'une seule pièce : d'autres, également circulaires, sont formées de deux arcs terminés par des oreilles que l'on serre avec des boulons à vis et écrous. Il y en a aussi de carrées formées de deux moitiés ayant leurs oreilles aux angles; d'autres les ont au milieu de deux côtés opposés, d'autres enfin sont d'une seule pièce, et pour les poser, on prend les mêmes précautions que pour celles qui sont circulaires. Les frettes de forme polygonale, qui servent à maintenir les colonnes entées ou assemblées bout à bout, se font également d'une seule pièce ou de plusieurs que l'on réunit avec des oreillons et que l'on serre ensuite avec des boulons. Mais les joints à oreilles, et notamment ceux où on les place aux angles des pièces, ne serrent pas

aussi bien qu'on pourrait le croire à cause du déversement que les oreilles peuvent éprouver lorsqu'elles ne s'appliquent pas complètement l'une sur l'autre.

6° *Liens.* — Les liens sont des espèces de frettes. La figure 63, pl. 17, représente deux liens *a* et *b* qui serrent des madriers appliqués les uns sur les autres; une partie plate réunit les deux branches du lien *a* qui forment deux coudes représentés dans la coupe *a'* au-dessus de la principale projection. Dans le lien *b*, les deux branches sont les prolongements d'une bande qui s'arrondit sur un tasseau *p* représenté en *p'* sur la coupe *b'*. Cette disposition a pour objet de prévenir la rupture des coudes, qui est toujours à craindre dans les ferrements plats qui opèrent de fortes pressions.

Dans l'un et l'autre lien, la pression est opérée par les brides *m* dans les yeux desquelles passent les bouts taraudés qui sont saisis par des écrous garnis de leurs rondelles.

Des liens de cette forme s'emploient concurremment avec les frettes pour maintenir les arbalétriers dans leurs embrèvements sur leurs tirants. Dans ce cas, il faut avoir soin de les placer dans une direction perpendiculaire aux arêtes de l'arbalétrier et de les maintenir en place au moyen d'entailles pratiquées sur les faces supérieure et inférieure de cette pièce inclinée.

Les liens sont encore employés pour serrer des pièces qui se croisent, surtout quand elles le sont à angles droits. (*Voyez* fig. 56.)

7° *Scellements.* — Les fers à scellements sont employés à fixer des pièces de bois contre des murs en maçonnerie. La figure 62 représente trois sortes de scellements. En A est un boulon scellé dans le mur et destiné à traverser une pièce de bois pour l'attacher contre le mur. Deux oreillons qui tiennent lieu de tête le fixent dans le scellement.

En B, une bande coudée *g* embrasse une pièce de bois *b* et la tient appliquée contre le mur par l'effet de deux scellements.

En C, deux boulons *pp*, scellés comme celui A, retiennent entre eux une pièce de bois *f* appliquée contre le mur au moyen d'une bride *e* saisie sous les deux écrous de ces boulons.

8° *Bandes de fer.* — Quand on emploie des bandes de fer pour consolider un assemblage, il vaut mieux les fixer sur les pièces au moyen de vis qu'avec des clous : des boulons sont encore préférables. Lorsque deux bandes sont nécessaires pour consolider une ente de deux pièces, il vaut mieux mettre une bande de chaque côté et courber leurs extrémités ou

agrafes afin qu'elles se cramponnent au bois, où des logements doivent être pratiqués pour recevoir les crochets. (*Voyez* pl. XVII, de fig. 57 à fig. 60.)

9° *Etriers*. — Quand on ne se servait pas de fer dans la charpente, on retenait les pièces de bois à celles qui devaient les soutenir, par des clefs de bois. Pendant longtemps même, les boulons ont été suppléés par des moises et de longues clefs de bois. Maintenant on se sert pour soutenir les pièces de bois, de bandes de fer qui les enveloppent et dont les branches, en se prolongeant jusqu'au support, vont s'y appliquer et y sont attachées au moyen de forts clous. Quelquefois aussi les deux branches opposées sont traversées, ainsi que la pièce qui porte par un boulon.

On emploie surtout les étriers à supporter les faux-entraits.

On donne aussi le nom d'étrier à de simples bandes de fer coudées et tordues qui servent à soutenir les assemblages des solives avec les poutres, ou bien encore ceux des chevêtres et des limons avec les solives.

10° *Equerres* (*voyez* fig. 70 et 71). — Les équerres sont employées à maintenir l'assemblage de deux pièces de bois faisant un angle; il y en a de plates et d'autres qui sont de champ. Une équerre plate doit être incrustée le plus possible dans le bois, si on veut qu'elle produise son effet, et ses bouts doivent s'y enfoncer sous forme de crampons. Il y en a de doubles qu'on appelle des T (fig. 83), parce qu'elles ont la forme de cette lettre. Que l'équerre soit double ou simple, si l'on veut qu'elle maintienne solidement l'assemblage où on l'applique, il ne faut pas qu'elle soit seule, mais qu'elle corresponde à une autre équerre qu'on place parallèlement de l'autre côté de l'angle, et avec laquelle on la réunit par des boulons traversant le bois. Quand on emploie des clous pour fixer les deux équerres, il faut, au contraire, veiller à ce que leurs trous pour les clous ne se correspondent pas. Les équerres, au reste, coûtent assez cher et ne remplissent qu'imparfaitement l'office qu'on en attend. Des goussets et de simples bandes (fig. 69) judicieusement disposés sont aussi aptes qu'une équerre à empêcher l'angle de deux pièces de se fermer ou de s'ouvrir.

11° *Tirants*. — Les tirants, comme on a dû le voir, servent à unir des parties de charpente qui sont éloignées les unes des autres. Quand les distances sont très-grandes, les tirants ne peuvent pas être faits d'une seule pièce; il faut, par conséquent, en réunir plusieurs bout à bout par des

joints solides, et dont la plupart doivent fournir le moyen de donner une tension convenable à la solidité du tirant.

Les figures 72 et 73 sont des projections de différents moyens de jonction pour les parties des tirants. Dans la première, qui représente des parties de tirants formées de bandes plates, *a* est un joint à clavette en projection verticale, et *a'* est la projection horizontale du même joint, pour le cas où ce joint étant isolé, son épaisseur peut dépasser également des deux côtés celle des bandes dont le tirant est formé; *a''* est la projection horizontale pour le cas où le joint doit être porté d'un côté, parce que le tirant doit être appliqué contre quelque objet. Ce joint est aussi appelé moufle.

On y voit en *b* deux projections d'un joint à oreilles serré par des boulons traversant une oreille et se vissant dans l'autre.

En *c*, deux projections d'un joint à oreilles doubles serré par un boulon à écrou. Ce joint est préférable aux précédents, parce que, en serrant les boulons également, l'effort est le même des deux côtés du tirant.

Enfin, en *d*, est un joint plat serré par des boulons avec écrous et rondelles.

Dans la figure 72, qui représente un tirant formé de barreaux carrés :

e est un joint à vis se réunissant dans un écrou commun. Si cet écrou doit produire la tension du tirant, il faut que les parties du tirant soient taraudées en sens inverse, et que l'écrou commun soit aussi taraudé en sens inverse, afin qu'en le tournant il attire à lui les deux parties du tirant.

f est un joint avec boulon à deux tiges sur une seule tête romaine, et deux taraudages en sens inverse se vissant dans les écrous, également en sens inverse, qui terminent les extrémités du tirant.

g, joint plat. Des tenons *x*, qui font partie de la patte du tirant *p*, sont reçus dans les mortaises de la patte du tirant *q*. Cet assemblage est retenu en joint par des coulants *v*, *y*, *z*, qui peuvent glisser au besoin tout le long de l'assemblage, les tenons *x* ne dépassant pas la surface de la patte du barreau *q*.

On fait aussi usage de fer rond pour les tirants.

Chaînes. — Les chaînes qui sont employées en charpente à la place de tirants ne doivent être composées que de chaînons fort longs, formés de tringles terminées par des anneaux ronds ou ovales. On ne doit y recourir que très-rarement, à cause de l'élasticité des anneaux, et aussi

parce qu'elles offrent peu de résistance comparativement à la quantité de fer qu'elles contiennent.

§ 2. FERS INTERPOSÉS DANS LES ASSEMBLAGES.

On a depuis longtemps observé que le défaut de dureté dans le bois est cause que les contacts des assemblages n'opposent pas toujours une résistance suffisante aux pressions qu'ils éprouvent. Ou les fibres longitudinales sont comprimées les unes contre les autres par les abouts, ou, dans ces abouts, les fibres sont refoulées, et de cet inconvénient, résulte un jeu dans les assemblages et de grands tassements dans les charpentes.

L'intercalation de lames de plomb conseillée par Mathurin, Jousse et Perrault, obvie jusqu'à un certain point à ce double inconvénient pour les assemblages à bois debout, quand surtout le tassement peut être prévu et calculé d'avance. Le zinc, le fer-blanc et même le cuivre ont été successivement employés dans le même but; mais ce n'est guère que depuis 1810 qu'on a commencé à revêtir les pieds des fortes pièces d'enveloppes ou chaussures métalliques nommées semelles, sabots, chaussons, patins, etc., selon le caprice des architectes et des fondeurs.

M. de Betancourt, en décrivant la charpente de la salle d'exercice de Moscou, avait reconnu que *les bois, agissant dans la direction de leur longueur, ne doivent jamais, directement ou indirectement, exercer leurs efforts de pression contre des pièces qui reçoivent leurs abouts*. Huit ans avant la construction de cette charpente, en 1810, il s'avisa pour la première fois, dans la construction du pont de Kamennoï-Ostrow, composé de sept grandes arches (celle du milieu ayant 28 mètres d'ouverture), de faire porter leurs naissances sur des boîtes en fonte de fer, et en décintrant, les arcs ne baissèrent pas d'un millimètre. Depuis, il a introduit cette méthode dans les assemblages de ferme pour les combles, et la première application qu'il en a faite a été dans la construction des fermes de la salle d'exercice de Moscou. Nous avons reproduit sur la planche 17 (fig. E) les têtes en fonte de fer qui couronnent les moises-poinçons ou faux-poinçons, en sorte que les bois ne sont jamais en contact direct. La figure E *bis* représente deux projections de la partie supérieure de l'une de ces moises. Une cloison *a* de chaque tête et son rebord sont saisis entre les moises; les arbalétriers et contre-fiches logent leurs abouts dans la cavité *b* que la tête leur présente de chaque côté, et, pour

compléter la liaison de cette tête avec les moises, de chaque côté des moises, un étrier fourchu *c* les unit au moyen d'un boulon qui traverse la tête, et de trois autres boulons qui traversent la cloison *a* et qui serrent les moises.

Dans les fermes représentées fig. M et fig. N, pl. 17, on trouve d'autres exemples de l'emploi du fer coulé comme intermédiaire dans les assemblages. La figure M appartient au comble d'un atelier à Liverpool; celui de la figure N fait partie d'un comble de la remise des voitures de la station d'un chemin de fer à Londres. Les figures P, Q, R et S sont, sur une échelle quadruple, les détails des pièces de fonte des fermes M et N, dans lesquelles tous les poinçons sont supprimés.

Ce système de construction a été étendu à de plus grandes portées en augmentant le nombre de boulons ou aiguilles pendantes en même temps que celui des contre-fiches. Ces boulons servent autant à suspendre les tirants qu'à empêcher l'exhaussement d'un des bouts de l'entrait, par l'effet d'un fléchissement de l'autre bout, qui serait occasionné sous des charges inégales ou mal réparties du tirant. Vu la forme hexagonale formée par le tirant, l'entrait, les arbalétriers et les contre-fiches, les boulons sont indispensables à l'invariabilité de la figure, à la stabilité du système.

§ 3. SOUTIENS VERTICAUX.

On ne peut pas dire que les soutiens verticaux métalliques fassent partie de constructions en charpente, car ils remplacent le plus souvent les colonnes, les piliers en pierre et les murs employés dans les bâtisses; mais ils remplacent également les épais poteaux en bois qu'on a souvent employés pour soutenir des poitrails et des poutres de trop grande portée.

Ces soutiens verticaux sont des colonnettes pleines ou creuses en fer coulé, qu'on place de même sous les poutres et les poitrails pour les soulager également dans leur longue étendue, occuper moins de place que ne le feraient des colonnes et piliers en pierre ou en bois, et ne point obstruer l'accès du jour. Les colonnes creuses sont, à poids égal, préférables à celles coulées pleines, parce qu'elles sont moins sujettes que celles-ci à des vices intérieurs, et puis, à surface égale de section droite, elles sont moins sujettes à se courber ou à vibrer. On regarde comme prudent de les accoupler dans une direction perpendiculaire à la direction de la poutre qu'elles portent, en plaçant une colonnette de chaque côté,

le plus près possible des faces verticales. On fait porter ces colonnettes sur des dés en pierre dure, quelquefois garnies de larges et épaisses plaques de fonte, pour recevoir les tenons qui saillent au-dessous des bases. Par le haut, les colonnettes portent aussi, au-dessus de leurs chapiteaux, des tenons qui sont reçus dans des trous réservés sur les épaisses bandes de fer s'étendant sur toute la largeur de la poutre à soutenir. La figure X (pl. 17), ainsi que son détail, fig. Y, montrent comment le versant d'un comble peut être relié à une colonne de fonte qui le porte.

§ 4. SUBSTITUTION DU FER AU BOIS DANS LA COMPOSITION DES CHARPENTES.

Depuis quelque temps, les architectes chargés de la couverture de bâtiments de grande étendue ont pris l'habitude d'utiliser le fer et la fonte dans la combinaison des charpentes, et ils ont réussi à remplacer avantageusement et économiquement des pièces de bois principales par des pièces équivalentes en fonte ou en fer. Ces pièces ainsi mélangées et combinées avec d'autres pièces en bois, doivent avoir, comme celles-ci, à résister à des efforts de traction et de pression qui varient évidemment avec la position particulière occupée par chacune d'elles.

« Les pièces de fer, dit M. Emy, qui sont employées pour résister à des efforts de pression, ne peuvent être que rarement employées dans les parties élevées des charpentes, à moins qu'elles ne soient fort courtes ou qu'elles ne présentent une résistance suffisante sur de petites grosseurs; autrement, si ces pièces devaient avoir de fortes dimensions, elles introduiraient dans les charpentes des poids considérables qui nuiraient à l'économie du système. La fonte de fer n'est ordinairement employée, dans les pièces constituantes des charpentes, que pour former des appuis verticaux. Le fer forgé pourrait être employé dans le même but; mais il y a avantage pour la force et économie dans la dépense à lui préférer le fer coulé. »

Quand il s'agit de pièces qui doivent résister à des tractions, le fer se substitue au bois depuis quelques années avec un grand succès. Nous allons indiquer ici plusieurs heureux exemples de cette substitution.

1° *Charpentes des forges de Rosières* (fig. 1, pl. 18).

La figure 2 de la planche ci-dessus nommée, est le dessin d'une des doubles fermes du comble couvrant la halle des

hauts-fourneaux de Rosières, près de St.-Florent, département du Cher, construit par A. Ferry. La figure 3 (même planche) est la projection d'une partie de la ferme sous-faîte.

Dans chaque ferme de cette charpente, le tirant est remplacé par une tringle ronde en fer forgé, soutenue en son milieu par une autre tringle verticale très-déliée, attachée au poinçon.

Deux systèmes de fermes doubles suffisent à l'étendue du tout; elles sont écartées de 4 mètres, et chaque système est soutenu dans le milieu de l'étendue de sa portée, au-dessus de la sablière commune, par une colonnette en fer coulé, qui reçoit les eaux des deux égoûts des toits, pour les conduire dans un aqueduc passant sous la halle, et dont on voit la coupe sous la colonnette, dans la figure 2.

Le remplacement d'un lourd entrait par une tringle, et la forme élevée de ces doubles fermes qui laissent l'air et le jour circuler librement, donnent à peu de frais une apparence d'étendue et d'élégance que cette halle n'aurait pas avec une charpente ordinaire.

L'inclinaison des plans du toit est celle en usage dans le pays : on a voulu que les contre-fiches et les sous-arbalétriers formassent une portion de polygone régulier. Voici la construction pour arriver à ce résultat :

La ligne *a b* représente l'inclinaison du toit tracée sur une place quelconque de l'épure de la ferme; la verticale *mn* marque la position du parement intérieur dans les murs; par un point quelconque *p*, de la droite *ab*, on a tracé une perpendiculaire qui détermine le point *c* sur la verticale *cb*. On a fait *pa* égal à *pb*, et la ligne *ca* prolongée, en rencontrant l'axe vertical *mn*, a déterminé le rayon *co* du cercle *oxyz*, dont la division en 3 parties égales donne les extrémités des cordes *ox*, *yz*, *yz* qui sont prises pour lignes du milieu des contre-fiches et des arbalétriers. La démonstration de cette construction et le détail des autres parties de la combinaison du bois de cette charpente sont si simples, qu'il ne nous paraît pas nécessaire de nous y arrêter.

La figure 6 est en projection horizontale sur une échelle quintuple de celle de la figure 2, le détail d'une des attaches d'une tringle tirant aux moises-blochets, qui saisissent un arbalétrier et une contre-fiche basse. La bride *r* est fixée par des boulons à la moise-blochet; elle est percée d'un trou rond qui répond au milieu du vide laissé entre les deux parties de chaque moise; ce trou reçoit la partie cylindrique *u* de l'écrou de tête *v* représenté carrément fig. 6; c'est sur la partie hexagonale *t* de cet écrou qu'on applique d'une

main l'effort d'une clef, tandis que de l'autre main avec une autre clef, on maintient le prisme hexagonal *q*, afin d'empêcher la tige de tourner pendant qu'on visse l'écrou pour attacher la tringle ou pour lui donner la tension qu'elle doit avoir.

Les colonnettes reçoivent les contre-fiches basses qui leur correspondent dans une boîte coulée d'un seul jet avec elles, comme leurs chapiteaux, leurs bases et les tuyaux qui traversent les bornes servant de piédestaux. D'autres boîtes en fer coulé sont scellées dans les murs, pour donner appui aux autres contre-fiches basses qui s'appuient à ces murs.

La figure 4 est le plan général de l'usine, comme la figure 1 en est l'élévation. L'échelle de ces figures est un 1/8 de celle des figures 2 et 3.

2° *Charpente en fer du colonel Emy.* (*Voir son grand ouvrage*, *page* 281.)

En cherchant quelle extension on pourrait donner à l'emploi du fer dans les charpentes, j'ai été conduit, dit l'habile professeur, au système représenté fig. 10', pl. XVIII, dans lequel de grandes tringles en fer *m* servent de tirants qui s'opposent à l'action de la poussée du comble; ces tringles saisissent les pieds des arbalétriers *r* et les attachent au poinçon en bois, qui pourrait aussi être une tringle en fer.

Pour que les tringles aient à résister chacune à un moindre effort, et qu'on puisse y employer du fer rond d'un petit diamètre, au lieu d'une seule tringle de chaque côté, j'en ai établi trois rangs parallèles *m*, *m'*, *m''* dans la hauteur de la charpente, et dans chaque rang les tringles sont jumelles. Elles saisissent les arbalétriers, les contre-fiches *q*, *q'*, *q''* *q'''* et le poinçon *t* sur leurs faces de parement.

Ce que mon système présente de particulier, c'est que j'ai fait servir les tringles *m*, *m'*, *m''*, en même temps pour résister à la poussée du comble et pour s'opposer à la flexion des arbalétriers, en leur combinant d'autres tringles *n*, *n'*, *n''*, inclinées en sens inverse par des nœuds qui donnent appui aux contre-fiches sur les pannes.

Le bâtiment devant avoir 16 mètres de largeur dans œuvre, et la hauteur devant être le tiers de la base, j'ai pris de chaque côté le point *a* gorge de l'assemblage des arbalétriers avec les blochets à plomb au-dessus du parement intérieur du mur; la hauteur *e b*, au-dessus de la ligne *a a* est le tiers de cette ligne, et la ligne *a b* marque le dessous de l'arbalétrier, *a' b'* parallèle à *a b*.

Le point *f* du poinçon est pris au-dessus du point *e* aux

2/5 de la ligne *cb*. Les lignes *a' f* marquent les positions des premières tringles, et la rencontre de ces lignes avec la ligne du milieu de l'épaisseur des arbalétriers, a marqué sur chacun d'eux le point principal d'attache *a'* de la tringle à l'arbalétrier, de même que le point *f* marque le point principal d'attache commun aux deux tringles sur l'axe vertical du poinçon.

La division de la ligne *a' b'* du milieu de la face verticale de l'arbalétrier en 5 parties égales, détermine les positions des lignes de milieu des pannes, et de 4 contre-fiches sous chaque pan. Ces lignes de milieu ont à leur tour déterminé, par leur rencontre avec les premières tringles *m, m'*, les emplacements des autres tringles *n, n', n''*, inclinées en sens inverse des premières. On voit, sans qu'il soit besoin d'une longue discussion, comment les contre-fiches, soutenues par les tringles, s'opposent à la flexion des arbalétriers chargés de la pesanteur du toit par l'intermédiaire des pannes, et comment les mêmes tringles *m, m', m''*, s'opposent ensemble à la poussée du comble.

Le bâtiment sur lequel cette charpente est bâtie a 25 mètres de longueur dans œuvre; le comble est divisé en 8 travées par 7 fermes écartées entre elles de 3m.14 de milieu en milieu; en sorte que leurs distances entre leurs faces de parement et les distances de faces de parement des deux fermes extrêmes, aux parements intérieurs des pignons du bâtiment, sont toutes égales à 2m.99; les fermes ayant toutes 15 centimètres d'épaisseur.

Les fermes sont portées sur des chaînes verticales en pierre de taille, qui affleurent les parements intérieurs des murs latéraux, et qui forment pilastre saillant de 1 centimètre à l'extérieur.

La figure 11' est un plan général de la halle; son échelle est 1/40 de celle de la figure 10'. Les lignes ponctuées marquent les fermes.

1. Roue hydraulique de l'usine;
2. Fourneaux;
3. Emplacements des laminoirs.

La figure 12', dont l'échelle est 1/2 de celle de la figure 10', est une projection de la ferme longitudinale ou de sous-faîte, qui fait voir les tringles horizontales *o*, qui maintiennent les poinçons verticaux et empêchent leur oscillation.

Ces tringles, d'un très-faible diamètre, ne sont pas placées exactement à la même hauteur, afin qu'on puisse serrer les écrous qui servent à leur donner la tension convenable.

Des croix de Saint-André, également en tringles de fer,

fixées aux faîtages et aux poinçons, soutiennent, par leurs nœuds, les petits poinçons intermédiaires *z* qui soulagent les faîtages : ces croix de Saint-André assurent aussi la stabilité de la charpente dans le sens longitudinal.

Les figures 1' et 2' sont, sur une échelle double de fig. 10', des projections sur des plans verticaux rectangulaires, qui montrent le détail des deux étriers en fer *g* réunis sur les deux faces du poinçon *t*, par des bandes communes *h*, et boulonnés sur ce poinçon et sur les arbalétriers, pour consolider l'assemblage des arbalétriers sur les poinçons, très-important dans ce système.

La même figure montre le détail d'une des attaches *k* des tringles jumelles *m*, *m' m''*, sur un poinçon.

La figure 3' est une projection de la face supérieure d'un arbalétrier.

La figure 4' est celle d'une de ces faces de parement. Ces deux figures, qui sont sur une échelle double de celle de la figure 10', montrent les détails de la ferrure par laquelle les tringles jumelles sont attachées aux arbalétriers.

Une pièce à deux branches *a* est appliquée sur chaque face de parement de l'arbalétrier, et sur chaque face elle couvre, de ses bouts en rosettes, les rosettes qui terminent les deux tringles *c*. Ces deux pièces sont elles-mêmes recouvertes, sur leur milieu, par les rosettes des bouts d'une bride *b*, qui embrasse le dessus de l'arbalétrier : trois boulons traversent cette ferrure, et le tout forme une attache très-solide.

La coupe de l'arbalétrier (fig. 5') fait voir le profil de la bride *b*.

Quoique le boulon qui traverse la bride *b* soit marqué sur cette figure, les pièces *a*, qui doivent être prises sous les rosettes de la bride, ne sont point figurées, pour ne pas introduire au dessin une complication inutile.

Les figures 6' et 7' sont deux projections du bout d'une des tringles d'une ferme, avec la rosette qui la termine.

Les figures 8' et 9' sont deux projections d'une des tringles formant croix de Saint-André, avec la rosette servant à son assemblage avec une autre tringle.

La figure 13' est sur la même échelle que la figure 10', elle montre deux projections des pièces servant à l'attache des tringles jumelles des deux côtés de chaque arbalétrier, concurremment avec une bride, comme celle de la figure 3', qui embrasse l'arbalétrier. Trois boulons, comme dans toutes les autres ferrures, fixent cette attache.

Ce comble est couvert en ardoise; l'équarrissage des ar-

balétriers et du poinçon est de 15 centimètres sur 23 ; celui des contre-fiches est de 15 centimètres sur 15 ; le calcul m'avait donné (c'est toujours M. Emy qui parle) un peu moins de 18 millimètres pour le diamètre à donner aux tringles en fer, mais je l'ai porté à 19 millimètres. Le diamètre des petites tringles sous le faîtage est de 1 centimètre.

Si nous nous sommes ici presque aussi longuement étendus que l'auteur de la ferme en question, sur les nombreux détails de son exécution, c'est que nous ne pouvions donner beaucoup d'exemples des diverses méthodes actuellement usitées pour substituer le fer au bois dans les combles des édifices publics ou particuliers, et surtout, parce que le système ci-dessus décrit convient également à toutes sortes de portées : le nombre des contre-fiches variant d'ailleurs avec celui des pannes.

Les avantages qu'il a sur le vieux système de charpente sont :

1° De débarrasser les combles des tirants en bois, et, par conséquent, d'augmenter la hauteur dont on peut disposer dans les ateliers ;

2° De diminuer beaucoup la pesanteur des combles sur les murs ;

3° De produire une notable économie, vu la suppression des grands bois dans la composition de la charpente et la réduction de l'équarrissage de ceux qui sont conservés ;

4° De donner une très-grande facilité de levage, attendu que les fermes doivent être montées horizontalement, au niveau des sablières, et qu'elles sont dressées très-aisément, vu leur légèreté.

L'emploi des tringles jumelles donne le moyen de faire très-facilement les remplacements qu'on jugerait nécessaires.

On pourrait donner aux contre-fiches une position verticale, ce qui du bas produirait un effet excellent à la vue, surtout si on a soin de les faire rondes en forme de balustres, et terminées par des ornements en cuivre à leur partie inférieure.

3° *Charpente de la rotonde de l'ancien Panorama, par M.* HITTORFF.

M. Hittorff, chargé de couvrir l'élégante rotonde de l'ancien panorama des Champs-Elysées, à Paris, y avait employé une voûte pyramidale à jour à 12 pans, en n'y employant que des tringles et des colonnettes en fer qui formaient 12 demi-fermes tellement délicates qu'elles ne projetaient aucune

ombre nuisible sur le vaste tableau qu'elles éclairaient en le recouvrant.

Pour donner aux arcs de charpente une très-grande rondeur, M. le général Ardant a proposé de les couler en fonte, découpés à jour et de les faire reposer immédiatement sur les réticules intérieures des murs en laissant toutefois le reste de la charpente en bois.

L'église de Saint-Dunstan, dans le royaume britannique, a sa voûte octogonale avec une ouverture au sommet. Cette ouverture est portée par 8 arcs en fonte découpés pour leur allégement, et soutenant par leurs extrémités supérieures le contour du jour circulaire qui éclaire et couronne la voûte.

On rencontre également, dans le même pays, un assez grand nombre de fermes à grande portée dont les grosses pièces, telles que les arêtiers, tirants, faux-entraits, poinçons et jambettes, sont en fer coulé avec des nervures de renforcement. Nous avons donné sur la planche 19 deux échantillons différents (fig. M et fig. N).

Les cotes, ainsi que les échelles, y sont en mesures anglaises; mais leur transformation en mètres ne présente aucune difficulté.

Le pied anglais, *foot* (prononcez *foût*), vaut $0^{m}.30478$.

Le pluriel de *foot* est *feet*, se prononce *fîte* : 10 feet$=3^{m}.0478$, c'est-à-dire 3 mètres 48 millimètres environ.

Le pouce anglais *inch* (prononcez *i-nche*) vaut $2^{cm}.539$.

Le pluriel de *inch* est *inches* (prononcez *i-nches*) : 10 inches$=25^{cm}.39$, c'est-à-dire 25 centimètres 39 centièmes.

La figure M représente l'élévation d'une ferme en fer et bois établie à Nottingham, pour la couverture d'un atelier destiné à l'établissement d'une chaudière à vapeur : son ouverture est de 27 pieds (anglais). Elle est simple et facile à transporter, étant composée seulement de trois pièces en fer coulé, savoir : deux espèces de fermes sur les côtés et entre elles deux un tirant, avec boulons et clavettes à chaque extrémité; le tout étant maintenu par un entrait en fer forgé. Les fermes ou pièces des côtés sont maintenues latéralement par des pannes ou ventrières en fonte, servant aussi à supporter les arbalétriers-chevrons qui sont en bois et disposés sur les sablières, comme le sont ordinairement les pièces en bois de ce nom.

La figure N représente une élévation de ferme en fer coulé existant aux forges de Butterley, où elle recouvre l'atelier dans lequel des ouvriers sont employés à confectionner les modèles en bois pour les machines à vapeur et les autres machines importantes manufacturées dans cet établissement.

Cet atelier a 34 pieds de large et 130 de long. La ferme qui le recouvre est presque entièrement composée de pièces de fonte dont la figure indique la disposition par les détails qui y sont annexés. Les chevrons seuls sont en bois.

CHAPITRE V.

Charpenterie accessoire, Ponts sur cordages, Chiffres et Signes de convention employés par les charpentiers.

SECTION Ire.

§ 1. CHARPENTERIE ACCESSOIRE.

M. Emy a donné le nom de constructions accessoires à tous les ouvrages en bois qui ne constituent pas un édifice permanent, mais qui peuvent en faire partie ou en tenir lieu, même quand elles seraient mobiles, toutes les fois que c'est ordinairement à un charpentier que l'on en confie l'exécution.

Le nombre de ces ouvrages est plus considérable qu'on ne pense ; aussi les limites de ce Manuel ne nous permettent pas d'entrer dans aucun détail sur celles de ces constructions qui exigent des connaissances spéciales de la part du charpentier. Telles seraient, par exemple, la construction des machines, la charpenterie navale, etc. Nous nous contenterons de réduire les travaux de charpenterie accessoire dont nous avons l'intention de parler pour terminer cet ouvrage, au petit nombre de ceux qu'un charpentier ordinaire serait en état d'exécuter de lui-même, si par hasard il en était chargé. Nous avons dit *par hasard*, parce que la plupart des constructions dont nous allons parler sont exécutées par des charpentiers spéciaux, comme le sont ceux de la marine, de l'artillerie, du génie, etc.

1° ***Pavillons rustiques, kiosques et autres ornements pittoresques, exécutés pour l'ornement des parcs ou des grands jardins.***

La figure A de la planche 19 est un specimen de façade placé là pour donner une idée de l'effet que l'on peut tirer de la construction en bois rond de certains abris pittoresques qui peuvent concourir à l'ornement d'un vaste jardin ou d'un parc.

Les figures C et D de la même planche représentent deux

façades d'un de ces bâtiments rustiques, mais élégants, vulgairement appelés suisses, tels qu'on aime à en rencontrer dans les propriétés champêtres d'une grande étendue.

Le premier, véritable chalet ou boulingrin rustique, peut trouver sa place dans un grand nombre de propriétés : le second, qui est le dessin d'une halle construite en Amérique, pourrait être utilisé comme lieu de réunion dans une ville construite en bois, ou encore comme établissement provisoire de restaurateur ou de limonadier dans des emplacements ombragés, tels que le bois de Boulogne, le parc de Saint-Cloud ou les Champs-Elysées à Paris.

2° *Mangeoires, râteliers et stalles pour les chevaux.*

La hauteur d'une mangeoire dépend en général de la taille des chevaux auxquels elle est destinée : elle ne doit pas atteindre le niveau de la bouche du cheval au repos, et le haut du râtelier doit être placé de façon que, quand le cheval lève la tête pour atteindre le fourrage, sa bouche corresponde à peu près au milieu du râtelier.

Les mangeoires placées dans les étables pour les bêtes à cornes, ainsi que les râteliers qui les surmontent, doivent être établies d'après les mêmes considérations.

La figure 1 (pl. 19) représente, en profil, une mangeoire et un râtelier d'écurie.

La figure 2 (même planche) est le profil d'une autre disposition de mangeoire avec râtelier. On y a joint des séparations par stalles pour les chevaux, comme il est d'usage d'en mettre quand l'écurie est destinée à des chevaux de manège ou à d'autres chevaux de prix.

La disposition des râteliers a pour objet d'empêcher les graines du fourrage de glisser dans les mangeoires et les détritus de tomber sur la tête des chevaux.

Les séparations des stalles se font aujourd'hui à claire-voie : autrefois on les faisait pleines et terminées en doucine comme l'indique la ligne ponctuée. Celle indiquée en traits pleins, exécutée à Metz pour les chevaux du manège de l'école, est plus simple de construction et s'oppose moins à la libre circulation de l'air.

3° *Guérites.*

La figure 3 (pl. 19) est l'élévation et la figure 4 (même planche) est la coupe verticale, par un plan perpendiculaire à celui de la figure 3, d'une guérite pour sentinelle.

Cette guérite à son toit a un seul égoût : elle est portée sur une enrayure formant un patin qui assure la stabilité pour que, placée sur le rempart d'une ville, elle puisse résister

à l'action d'un coup de vent qui, sans cela, pourrait peut-être la renverser.

Les figures 5 et 6 sont de même deux élévations, ou plutôt l'élévation et la coupe d'une guérite à deux égoûts, portée seulement par les pieds, telles que sont celles employées dans l'intérieur des villes.

Aujourd'hui, on double les toits des guérites, extérieurement, avec des plaques de zinc placées sur une première couverture en planches.

4° *Portes et contrevents en madriers.*

La figure 7 est la projection d'un contrevent (ou d'une porte) en madriers joints à rainures et languettes, et consolidé par des barres et une écharpe établies sur la face intérieure.

La figure 8 montre sur une échelle double l'assemblage des traverses sur les planches ou madriers des contrevents : cet assemblage est usité par quelques charpentiers qui ne trouvent point qu'il soit suffisant de clouer les barres à plat sur les planchers. Ces barres pénètrent à queue d'aronde dans les planches, et la queue d'aronde occupe en dessous un espace un peu plus large à un bout qu'à l'autre ; la rainure est tracée de même, de façon qu'en introduisant la barre dans son encastrement on la serre autant qu'on veut, en la chassant à coups de maillet.

M. Emy a fait exécuter avec succès, des contrevents sans barres ni écharpes en donnant un peu plus d'épaisseur aux planches et en les traversant toutes sur leurs épaisseurs par trois boulons distribués sur la hauteur et serrant les joints à rainures et languettes. Cette construction a l'avantage de permettre de serrer les joints des planches, quand la sécheresse les fait ouvrir.

Lorsqu'on ne peut pas tailler dans les baies en maçonnerie des feuillures pour recevoir les portes et les contrevents, on les remplace par des châssis *dormants* qui reçoivent les battants dans leurs feuillures. Les trappes que l'on pratique dans les planchers pour le passage des ballots et autres objets d'un étage à un autre ou pour fermetures des caves, sont construites, tant pour leurs châssis dormants que pour leurs battants, de la même manière que les contrevents.

5° *Baraques pour logements de troupes.*

Les figures 1, 2, 3, 4, etc., de la 20e planche représentent les différentes projections d'une baraque destinée à de l'infanterie en campagne.

Voici successivement ce que ces figures représentent :

Fig. 1. Tracé des fermes pour les coupes des planches et les assemblages.

Fig. 2. Bâtis des fermes avec les assemblages.

Fig. 3. Coupe en travers de la baraque et détails de la disposition des panneaux de coupe, pour accélérer la préparation des bois.

Fig. 4. Plan d'une baraque pour contenir 40 hommes.

Fig. 5. Coupe sur la longueur.

Fig. 6. Elévation d'un pignon vu de face.

Les fermes en planches épaisses de toutes les baraques sont espacées comme le plan l'indique, afin qu'il se trouve toujours entre elles un nombre exact de places pour coucher les soldats.

On peut compter sur 2 mètres ou 2m.60 pour distance convenable à donner aux fermes.

Les figures 1', 2', 3', etc., représentent différentes projections d'une écurie-baraque pour de la cavalerie en campagne.

Voici ce que représentent successivement ces figures, extraites, comme les précédentes, du *Traité sur le baraquement des troupes en campagne*, par M. Lomet, adjudant-général.

Fig. 1'. Plan d'une ferme avec les assemblages.

Fig. 2'. Plan pris sur la hauteur A B.

Fig. 3'. Coupe et élévation en travers avec les assemblages d'une des fermes.

Fig. 4'. Coupe prise sur la longueur.

Fig. 5'. Détails du râtelier pour attacher les chevaux.

Fig. 6'. Détails du chevalet pour supporter les râteliers.

Les baraques pour chevaux se construisent à peu près de la même manière que celles à l'usage des soldats, sinon qu'on leur donne un peu plus de hauteur; les mangeoires et râteliers se placent, comme on l'a dû remarquer, au milieu même de la baraque pour deux rangs de chevaux qui se font face. Les fermes doivent être espacées de manière à ce qu'un nombre exact de chevaux aient une place convenable entre deux fermes consécutives.

6° *Pavés en bois.*

Quand on pave en bois, on y emploie ordinairement des prismes quadrangulaires égaux ayant les fibres du bois dans une position verticale. Les dimensions sont de 155 millimètres de côté sur 330 de hauteur divisée dans son milieu par une rainure de 30 millimètres de largeur sur 15 de profondeur. Quand tous les pavés sont assemblés, leurs rainures sont au même niveau et elles sont remplies au fur et à me-

sure de la pose des pavés par des liteaux en bois de chêne pour les lier et les rendre solidaires les uns des autres.

Ce pavage doit être établi sur un lit de sable bien battu.

Tous les bois sont propres à ce genre de pavage. Le pin est préférable au sapin et au peuplier : le bouleau et l'érable valent mieux que le sapin ; mais l'ormeau, le frêne et le chêne sont les meilleurs de tous les bois pour ce genre de travail. On fait choix du bois suivant la fréquentation de la route et quand le chemin est un peu large, pour que le milieu soit plus fréquenté que les côtés, on place le bois le plus dur dans cette partie.

Ce genre de pavé peut durer six ans dans les circonstances les plus défavorables.

A Londres, on a employé des bois *kyanisés* (1). On pense dans ce pays que la hauteur des pavés doit être de 20 centimètres ; mais il vaut mieux employer des pavés plus hauts ; attendu que quand on a besoin de renouveler le pavage, les vieux pavés peuvent trouver leur réemploi, lorsqu'on en a redressé la face supérieure ; autrement on est obligé de les vendre pour le chauffage, toutes les fois qu'ils n'ont pas été kyanisés.

On fait usage de pavés en bois de forme carrée quand on ne dispose que de bois déjà équarri. Si l'on avait des bois ronds, il vaudrait mieux faire les pavés à six pans : il y aurait de cette manière moins de bois de perdu.

Le pavage en bois est plus propre que celui en pierre : il produit moins de boue ; le frottement des roues y est peu considérable et le roulage extrêmement doux ; mais il est glissant pendant les gelées et même à la suite des fortes pluies. On remédie à cet inconvénient de différentes manières. Quelques entrepreneurs ont employé des pavés en pin goudronnés, maçonnés avec du mastic d'asphalte.

On a regardé pendant quelque temps le pavage en bois comme moins dispendieux que celui en pierre, quand ces deux sortes de matériaux sont également rares dans le pays, mais sa prompte détérioration la fait abandonner à Paris, après des essais infructueux.

(1) M. Kyan, distillateur à Londres, a proposé à la marine anglaise la dissolution dans l'eau du deuto-chlorure de mercure (sublimé corrosif) pour préserver les bois de la carie sèche. Les bois sont maintenus en immersion dans un bassin en bois par des traverses, pendant le temps nécessaire à la saturation complète : un équarrissage de 35 centimètres exige 14 jours d'immersion ; pour 17 centimètres et demi, il en faut 10, et pour 8 centimètres et demi 7 jours sont suffisants. Ce genre de préservatif pour les pavés ne peut être nuisible à la santé lorsque les pavés sont en plein air ; ils ne le seraient peut-être pas non plus sous des hangars bien aérés.

SECTION II.

DES PONTS EN CORDAGES.

Les ponts en cordages sont essentiellement du ressort du charpentier, surtout du charpentier militaire : c'est ce qui nous a déterminé à donner ici quelques détails à ce sujet.

1° *Des tarabites.*

Bouger, dans son *Voyage*, rapporte qu'il a vu franchir des rivières au moyen d'un cordage de cuir tendu d'une rive à l'autre, et auquel le voyageur était suspendu par de grossières poutres dans une tarabite.

La figure X (pl. 18) représente une de ces tarabites.

C'est par un moyen semblable que les intrépides habitants de l'île de Gozzo, près Malte, traversent le détroit qui les sépare de la *Pierre du général*, pour aller récolter des champignons qu'ils y trouvent en abondance.

2° *Ponts de hamac.*

M. de Humboldt, dans son *Voyage au Cordillières*, a décrit et dessiné des ponts de cordages établis dans le pays avec autant de simplicité que de solidité.

La figure Y (pl. 20) est la copie des dessins de l'illustre voyageur.

Ce pont a de 39 à 40 mètres de long sur 2 mètres à 2m.50 de large. Les cordes sont composées de racines filamenteuses et de lianes : elles n'ont pas moins de 16 à 20 centimètres de diamètre : elles sont tendues, autant que leur pesanteur peut le permettre, au moyen de cabestans établis sur les escarpements qui tiennent lieu de culées. Comme il leur reste, malgré la tension, une forte courbure, les Espagnols les ont appelées ponts de hamac. Les cordages grossiers sont amarrés aux culées et soutenus de distance en distance par des chevalets en charpente, et le plancher est formé de branches qu'on lie très-fortement entre elles. L'oscillation des ponts de ce genre, pendant le passage des voyageurs, rend la marche de ceux-ci assez difficile.

3° *Ponts de corde sur chevalets.*

Il existe en Europe des ponts en cordages reposant sur des culées en charpente, et dans de certains endroits on rencontre de petites passerelles en cordages portés aux deux

bouts par des chevalets dont la stabilité est maintenue par des jambettes.

Quand l'espace à franchir est assez restreint pour qu'il suffise de deux travées pour le traverser, on peut établir très-commodément et fort rapidement un pont au moyen d'un chevalet soutenu par des cordages, la figure K (pl. 18) est une coupe suivant la longueur d'un pont construit par ce moyen.

La figure L (même planche) est un plan sur lequel sont projetés différents détails de la construction de ce pont.

La figure M est une coupe par un plan perpendiculaire à la direction du pont et passant par la ligne *m n* de la fig. K.

On voit que les longerons *a* de ce pont sont appuyés, d'un bout, sur les culées *b*, et de l'autre sur la traverse supérieure *c* d'un chevalet dont les traverses inférieures *d* sont soutenues par les cordages *e* amarrés à des pieux *f* plantés sur les culées et appuyés contre les gîtes *r* : des croisières *g*, amarrées à d'autres pieux *k*, empêchent le balancement du pont. Cette construction peut être simplifiée : au lieu d'un chevalet, on peut employer un châssis vertical pareil à l'une des moitiés du chevalet et fixé aux cordages tirants par des liens de corde, et aux longerons par de fortes chevilles; ces longerons étant eux-mêmes chevillés sur les chantiers des culées.

4º *Ponts avec châssis en bois.*

La figure N (pl. 20) est l'élévation de la partie d'un pont de cordages contiguë à sa culée, soutenue par des cordages tendus horizontalement.

a, chevalet pour exhausser les 3 cordages de suspension *b*, tendus au moyen des palans *d* fixés des deux côtés du pont à des pieux *c*.

La figure O (même planche) est une élévation du chevalet *a* projeté sur un plan vertical perpendiculaire à l'axe du pont.

La figure P (même planche) est une coupe suivant le plan perpendiculaire à son axe.

e, montants de suspension.

f, poutrelle retenue aux montants par des clefs *g* qui traversent les tenons après qu'ils ont traversé les poutrelles.

Les cordages de suspension *b* passant dans les trous percés dans les montants *e*.

Les longerons *h* portent sur les poutrelles, les madriers du plancher sont cloués sur les longerons ou retenus par une corde de guindage : un bastingage sert de garde-corps.

Ce pont ne sert que pour les piétons.

5° *Ponts de cordes suspendus à des mâts.*

Quand la rivière a trop de largeur pour qu'on puisse risquer de faire un pont de corde d'une seule portée, on divise la rivière en plusieurs travées que l'on soutient par des mâts verticaux qui portent sur le fond.

Le cas le plus simple est celui où la longueur de la rivière est partagée en deux parties égales par la mâture (*V.* fig. 2, pl. 18). C'est à cette mâture que l'on attache les cordages de suspension qui soutiennent, par le moyen des palans, les poutrelles qui supportent les longerons sur lesquels les madriers sont cloués.

Les pieds des bigues ou mâts posent sur le fond de la rivière, et si ce fond ne présente pas assez de solidité, on établit une forte enrayure sous chaque mât et on consolide ces enrayures en coulant dessus des quartiers de roches ou de pierres.

Quand la largeur de la rivière l'exige, on augmente le nombre des mâtures : la partie comprise entre deux mâts prend alors la forme d'un polygone funiculaire, et, dans ce cas, le sommet renversé du polygone de suspension ne doit pas atteindre le niveau du plancher du pont.

Nous renvoyons à l'ouvrage de M. Emy pour les détails de l'établissement des ponts de ce genre, pour la confection des nœuds de corde, ainsi que pour tout ce qui regarde la confection et l'établissement des ponts en fil-de-fer, qui ne sont qu'une application moderne des ponts en cordage et dont la construction des fermes en tringles métalliques doit déjà avoir donné une idée au charpentier qui se trouverait par hasard appelé à en construire un de peu d'importance. Nous faisons ici cette restriction, parce que dans le cas où le pont suspendu sur des fils devrait avoir une portée un peu considérable, il serait imprudent à un charpentier qui n'aurait pas de connaissances suffisantes d'en prendre l'exécution sous sa propre responsabilité.

SECTION III.

SIGNES CONVENTIONNELS, OU MARQUES, LETTRES, CHIFFRES OU AUTRES INDICATIONS CARACTÉRISTIQUES EN USAGE DANS LA CHARPENTERIE.

Il ne suffit pas à un charpentier de savoir construire une épure, disposer les bois sur l'ételon, en piquer les rencontres et dessiner les assemblages, et quand cela est fait au

chantier, il lui faut empiler les pièces façonnées et les mettre en tas jusqu'au moment où l'on aura besoin de les transporter au pied du mur, c'est-à-dire, à l'endroit où le bâtiment doit être élevé. Il est clair que si chaque pièce ne portait pas sur elle-même des signes suffisants pour en bien indiquer la place, l'ouvrier chargé de diriger l'ajustement et la pose perdrait un temps précieux à s'y reconnaître, quand bien même on aurait eu la précaution, toujours bonne à prendre, de faire autant de tas différents qu'il y a de pans différents dans la bâtisse, et de ne transporter que successivement les tas au pied du mur qu'au fur et à mesure qu'ils deviennent nécessaires à la construction des pans dont ils font partie.

Les signes conventionnels dont se servent les charpentiers sont ou des marques, ou des lettres, ou des chiffres, et tous doivent être composés de manière à pouvoir être aisément tracés avec la rainette ou la besaiguë :

1° *Signes conventionnels ou marques.* — Ces marques au nombre de six, sont indiquées au bas de la planche ci-contre, sous les numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Le n° 1 porte le nom de franc.
Le n° 2 — — contre-marque.
Le n° 3 — — crochet.
Le n° 4 — — patte-d'oie.
Le n° 5 — — langue-de-vipère.
Le n° 6 — — demi-rond.

2° *Chiffres.* — Les chiffres sont principaux ou composés. Les principaux, dont la valeur est indiquée, correspondent, comme on doit le voir, aux nombres 1, 5, 9, 10, 15, 19 et 20. Les composés se forment des principaux de la manière suivante :

De 1 à 5, on répète le chiffre 1 autant de fois que cela est nécessaire.

De 5 à 9, on met les uns dans le cinq, comme on le voit pour le nombre 8.

De 10 à 15, on met les uns à la droite du (10), comme on le voit pour le nombre 11.

De 15 à 19, on met les uns dans le chiffre (15), comme on le voit pour le nombre 7.

De 20 à 30, de 30 à 40, etc., on emploie des moyens analogues dont il est facile de se rendre compte en regardant comment s'écrivent les nombres 27, 39 et 45.

Le nombre cent s'exprime par un C ou demi-rond ayant l'ouverture à droite, et pour les nombres qui passent cent,

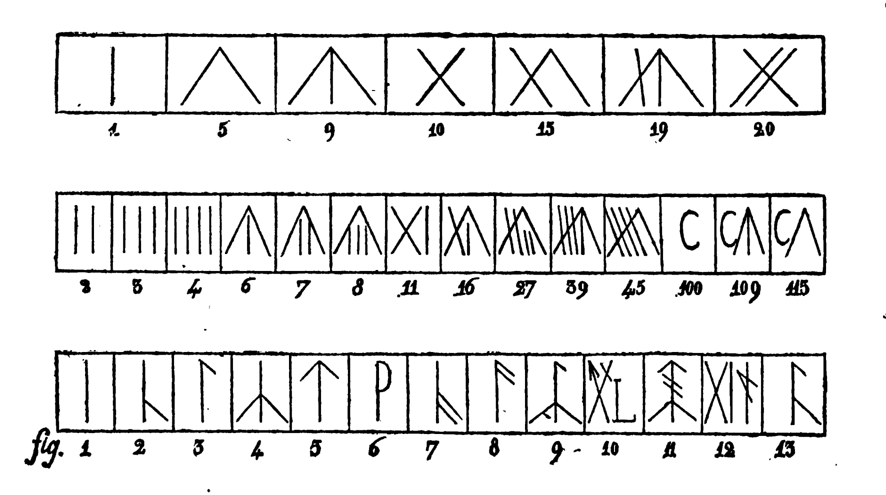

1 5 9 10 15 19 20
3 3 4 6 7 8 11 16 27 39 45 100 109 115
fig. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 - 10 11 12 13

fig 14 15 16

fig 17 18 19

fig 20 21 22

fig 23 24 25

fig 26 27 28

fig 29 30 31

on met le surplus à la droite du C, voir les nombres 109, 105, 139, écrits à la suite de 45 au tableau.

Lettres. — Les lettres que l'on emploie sont celles de l'alphabet majuscule qui sont composées de traits droits autres que I, V et X déjà employées pour chiffres.

Indications diverses ou marques d'établissement. Ces indications, représentées aux cases *a*, *b*, *c*, etc., sont :

Fig. 14. Trait à couper.
15. Trait de rameneré ou de repère.
16. Plumé de devers.
17. Bouge.
18. Carreau ou niveau d'étage.
19. Naissance ou raccord des cintres.
20. Ligne de milieu.
21. Remur ou portée en plein sur le mur.
22. Portée dans un pan de bois ou sur une poutre.
23 Epaulement.
24. Vide d'entaille.
25. Tenon.
26. Mortaise carrée.
27. Mortaise avec gorge.
28. Mortaise à tournelle ou double gorge.
29. Mortaise peu profonde.
30. Ligne ou face de dessus.
31. Ligne ou face de dessous.

En mariant un nombre avec une lettre on obtient des signes nouveaux, par exemple en joignant la lettre L au signe langue-de-vipère, on a le signe langue-de-vipère à l'L, et quand on met un nombre, un signe et une lettre, on a un signe triple qu'on indique dans l'ordre que nous venons de dire.

Pour indiquer les étages, on ajoute un petit trait oblique à leur marque; les bois du rez-de-chaussée n'ont point de marque.

Au reste, pour se rendre un compte exact des signes doubles et triples, il suffit de jeter les yeux sur les signes composés des cases 8, 9, 10, 11, 12 et 13. Ceux des lecteurs qui voudraient plus de détails à ce sujet, pourront consulter le *Vignole du Charpentier*, que M. Roret, rue Hautefeuille, nº 12, a publié, ainsi que *l'Alphabet du Charpentier*, par Eyerre, compagnon-démonstrateur du trait.

VOCABULAIRE

DES

TERMES EMPLOYÉS DANS LA CHARPENTERIE.

A

Abattage. L'action d'abattre les arbres qui sont sur pied. — Le travail nécessaire pour les abattre. — Faire un abattage, c'est une manœuvre nécessaire pour retourner ou pour soulever une pièce de bois au moyen d'un levier et d'un coin placé dessous.

Abavent. Petit auvent couvert d'ardoises ou de plomb, placé dans les ouvertures des trous et des clochers, pour garantir la charpente intérieure des pluies qui pénétreraient par ces ouvertures.

About. Se dit en général de l'extrémité de toute pièce de charpente taillée pour être assemblée au bout d'une autre pièce. On dit aussi l'*about* des *liens*, des *tournisses*, des *éperons*, des *tenons*. On entend encore par *about* les assemblages dont les tenons sont coupés en *onglet*, de manière que, étant ajustés dans leurs mortaises, les deux pièces forment un angle aigu.

Accoler. C'est unir deux ou plusieurs pièces de bois ensemble sans aucun assemblage, simplement pour les fortifier les unes par les autres, et leur donner la force nécessaire pour le service qu'on en veut tirer.

Affaiblir. Diminuer l'équarrissage d'une pièce de bois.

Affaissé. Se dit d'un plancher qui n'est plus de niveau, ainsi que d'un poteau qui a fléchi.

Affût. La partie inférieure de toute pièce taillée en sifflet sur quatre faces.

Affûtage. Peine, soin d'affûter.

Affûter. Aiguiser, refaire la pointe ou le tranchant d'un outil émoussé.

Aiguille. Se dit d'un clocher de forme conique ou pyramidale, dont la hauteur est très-grande par rapport à la base.

On donne aussi le nom d'aiguille au poinçon d'un comble qui ne s'appuie pas sur le milieu de l'entrait (fig. 20, pl. V), mais auquel il est relié par un étrier en fer.

Aire. En général surface plane. — L'*aire* d'une maison est la surface contenue entre ses murs. — L'*aire* d'un pont est la partie supérieure sur laquelle on marche.

Aire de plancher. Se dit de la charge supportée par les solives d'un plancher.

Aisselier. Pièce de bois, droite ou courbe, terminée par des tenons qui ont leurs mortaises dans deux pièces de bois assemblées entre elles et formant angle. Elle sert à les fortifier et donne plus de solidité aux assemblages.

On donne aussi le nom d'*aisselier* aux bras d'une roue lorsqu'ils en dépassent la circonférence, de manière que la puissance appliquée à ce bras fait mouvoir la roue plus facilement.

Ame. C'est une espèce de lambourde faite en deux parties, que l'on embrève obliquement dans une poutre refendue en deux pour lui donner plus de force.

Amoise. Pièce de bois entreposée entre deux moises.

Amorcer. C'est enlever la superficie du bois avec l'angle de l'ébauchoir, avant de faire une mortaise, et ensuite percer un ou plusieurs trous avec la tarière ou le laceret.

Angle. *Voyez* à la géométrie.

Aplomb. L'équivalent de *vertical*.

Appareil. (L'art de l'appareilleur). *Voyez* Stéréotomie.

Appareiller. C'est l'action de faire le choix du bois, de le transporter sur l'épure, d'en tracer les coupes et assemblages, de le marquer et de le repérer.

Appareilleur, ou *maître gâcheur*. Principal ouvrier qui est chargé de tracer en grand les épures et tous les développements nécessaires pour confectionner une charpente.

Appentis. Comble à un seul égoût dont on se sert ordinairement pour couvrir les hangars.

Appui. Nom qu'on donne aux pièces de bois qu'on met le long des galeries, des escaliers et aux croisées.

Arbalétrier. Pièce principale d'une ferme inclinée suivant la pente du toit du comble dont la ferme fait partie; elle

est assemblée d'un bout dans l'entrait et de l'autre dans le poinçon.

Arbalétrier de brisis. C'est celui qui soutient l'entrait retroussé dans un comble à la Mansard.

Arbalétrier à lierne. C'est un arbalétrier ordinaire, mais dans lequel la panne est assemblée dedans au lieu de porter dessus.

Arbre. On appelle ainsi un axe tournant de grande dimension, dans les machines qui servent à élever des fardeaux.

Arc ou *arcade.* Ouverture ou baie cintrée. Dans ce cas, le dessous se nomme *douelle.*

Arc-boutant ou *contre-fiche.* Se dit d'une pièce de bois inclinée qui sert à maintenir d'aplomb les pans de bois, les murs, les arbres des sonnettes, grues, pointals d'échafauds, etc.

Arche. Espace compris entre les piles ou les culées d'un pont, et qui est ordinairement terminée à sa partie supérieure par une voûte. Il y en a de plusieurs espèces, selon la courbure de leur cintre. On les dénomme ainsi qu'il suit :

1° *Arche en anse de panier* ou *en ellipse.* (*Voyez* ces courbes à la géométrie.)

2° *Arche en plein-cintre,* lorsqu'elle est formée par un demi-cercle entier.

3° *Arche en tiers* et *quart point* ou *en arcs de cloître ou ogives*, lorsqu'elle est formée par deux arcs de cercle qui se coupent au sommet, ainsi qu'on en voit dans les monuments gothiques.

4° *Arche surbaissée,* formée par une ellipse, mais dont la hauteur est moindre que la largeur prise à la naissance.

5° *Arche surhaussée,* lorsque la hauteur est plus grande que la largeur prise à la naissance.

6° *Arche maîtresse.* Est celle du milieu dans les ponts dont les arches vont en diminuant de largeur à mesure qu'elles approchent des culées.

Arête. C'est l'intersection de deux faces d'une pièce de bois. Lorsqu'une pièce est bien dressée et qu'il ne reste plus d'aubier, on dit qu'elle est à vive arête.

Arêtier. Pièce de charpente délardée qui se place à l'angle saillant formé par la rencontre de deux versants de comble. Elle s'assemble dans le poinçon à l'entrait.

Armature. On donne ce nom à tout ce qui sert à fortifier les poutres et les assemblages, tels que boulons, étriers, etc.

Arrêter. Sceller avec de la maçonnerie, du plâtre, etc. ;

Bois déchiré. Qu'on a mis en pièces et qui provient de vieux ouvrages.

Bois déversé ou *gauchi.* Celui qui s'est défoncé, déjeté, courbé de quelque manière que ce soit, après avoir été équarri ou travaillé.

Bois durs. Ce sont les opposés aux bois blancs, ou plutôt aux bois menus ; ils sont fermes et durs.

Bois d'échantillon. Dont les dimensions sont déterminées par l'usage qu'on veut en faire.

Bois échauffé ou *pouilleux.* Lorsqu'on y remarque des petites taches rousses et noires, elles dénotent un commencement de pourriture.

Bois en étant. Lorsqu'il est debout.

Bois d'entrée. Qui n'est ni vert ni sec.

Bois d'équarrissage. Qui a les quatre faces plates et d'équerre.

Bois feuillard. Refendu en lattes pour les couvertures en tuiles, pour couvrir les solives des planchers, les cloisons, etc.

Bois flache. Qu'on ne pourrait équarrir sans beaucoup de déchet, et dont les arêtes ne sont pas trop vives.

Bois gelif. Qui a des gerçures causées par la gelée.

Bois gisant. Couché par terre.

Bois gras ou *doux.* Dans le bois de chêne, c'est celui qui est le moins poreux, sans fil, et qui a moins de nœuds que le bois ferme.

Bois en grume. Qu'on emploie sans être équarri, pour les pieux et pilotis, mais qui est coupé par tronçons, ou qui est en billes.

Bois lavé. Dont les traits de scie ont été ôtés avec la besaiguë.

Bois léger. Nom que l'on donne au peuplier, au tilleul et autres bois blancs.

Bois malandre. Qui est disposé à la pourriture ou qui a quelques endroits gâtés ou pourris.

Bois méplat. Dont l'une des dimensions de son équarrissage est plus large que l'autre.

Bois noueux. Lorsqu'il provient d'un arbre qui avait un grand nombre de branches sur le tronc.

Bois en pueil. Abattu depuis moins de trois ans.

Bois qui se tourmente. Qu'on a employé trop vert ou trop humide ; il se travaille et se déjette.

Bois rabougri. Tortu, de mauvaise venue.

Bois rebours. Dans lequel l'ordre et la disposition des fibres sont troublés.

Bois recépé. Qu'on a coupé sur pied pour remédier aux effets de la gelée, etc.

Bois refait. Celui dont on a équarri et redressé les faces.

Bois de refend. Qu'on a mis par éclats pour faire des lattes, etc.

Bois sur le retour. Qui est trop vieux, qui perd de son prix.

Bois résineux. Ceux qui contiennent de la résine.

Bois rouge. Qui s'échauffe et est sujet à se pourrir.

Bois roulé. Quand les cernes qui marquent la croissance de chaque année sont séparées et n'adhèrent pas les unes aux autres.

Bois sans malandre. Qui n'a ni nœuds ni gerçures, qui est sain.

Bois tranché. Qui a des nœuds ou des fils obliques qui coupent la solive et lui ôtent une partie de sa force. Ce bois ne peut guère supporter de charge, et n'est bon qu'après avoir été refendu.

Bois vicié ou *carié.* Qui a des parties pourries et malades.

Bois vif. Celui qui est dans toute sa force.

Boiteuse. Solive d'enchevêtrure, scellée par un bout dans le mur, et assemblée par l'autre dans la partie nommée *chevêtre.*

Bon dieu. Coin de bois dont se servent les scieurs-de-long, pour ouvrir le bois et faciliter le passage de la scie.

Bossage. Petites bosses carrées qu'on laisse aux poinçons et aux pièces qu'on allégit aux endroits des mortaises, afin d'en augmenter la force. Ce nom se donne aussi au cintre que forment les courbes.

Brandir. C'est arrêter deux pièces de bois l'une contre l'autre sans être entaillées, ce qui se fait au moyen d'une cheville qui les traverse : les chevrons se brandissent sur les pannes.

Brise-glace. Pièce de bois à angle aigu, assemblée sur l'avant-bec d'un pont.

Brisis. Panne qui se trouve placée à l'endroit de la brisure d'un comble à la Mansard.

C

Câble. Grosse corde qui se passe sur les poulies des chèvres, grues, etc., et qui sert à soulever les fardeaux.

Cage d'escalier. C'est l'espace dans lequel il est construit.

Calibre. Modèle servant à tracer les courbes des cintres et des autres figures données.

Cames. Dents taillées en forme de développées de cercle, et fixées dans un arbre tournant : elles servent à élever des hies, etc.

Cantibai. Dosse ou pièce de bois plein de fentes ou d'autres défauts.

Centre de gravité. C'est un point que l'on suppose situé dans l'intérieur d'un corps, de telle manière que tout plan qui passerait par ce point partagerait le corps en deux parties qui se feraient équilibre, c'est-à-dire, dont l'une ne pourrait faire mouvoir l'autre : d'où il suit que, si on suspend un corps par son centre de gravité, il restera en repos.

Chaise. Bâtis en bois dont on se sert pour élever les chèvres, grues, etc., qui n'ont pas assez de hauteur.

Champ (Poser de). C'est placer une pièce de bois méplate de manière que son plus grand côté soit dans le sens vertical.

Chandelle. Poteau placé à plomb sous une pièce quelconque que l'on veut soutenir horizontalement.

Chanfrein. Synonyme de *biseau.*

Chanfreiner. C'est abattre une arête ou faire un chanfrein.

Chanlatte. Pièce de bois placée à l'extrémité des chevrons ou coyaux en saillie sur la corniche supérieure du bâtiment; comme les chevrons et les coyaux, elle reçoit la couverture du comble, et préserve ainsi les murs des eaux pluviales.

Chantier. Pièces de bois sur lesquelles on place les pièces que l'on veut travailler.

Chantignole. Petite pièce de bois de la charpente d'un comble, coupée carrément par l'un des bouts, et en biseau par l'autre bout; elle soutient les pannes, et s'assemble par embrèvement sur l'arbalétrier.

Chantourner. C'est évider une pièce de bois suivant un profil donné.

Chapeau. Pièce de bois horizontale recouvrant d'autres pièces verticales, dans lesquelles elle est assemblée à tenons

et à mortaises : on donne aussi ce nom à la partie supérieure d'un poteau. Dans les pans de bois, le chapeau est coupé en chanfrein, lorsqu'ils doivent recevoir une corniche en plâtre.

Chapeau de lucarne. Pièce de bois placée sur la partie supérieure d'une lucarne dont elle forme la fermeture; elle est supportée par les deux montants ou par les chevrons.

Charpente. On entend par ce mot l'assemblage des pièces de bois employées à la construction d'un édifice.

Charpenter. C'est façonner les bois de charpente et tailler les assemblages.

Charpenterie. Art de former un ouvrage quelconque avec des bois de charpente.

Charpentier. Ouvrier qui exécute la charpente.

Le *maître charpentier* est celui qui trace et entreprend les ouvrages de charpente, qui a des charpentiers à son compte.

Chasse-bon-dieu. Morceau de bois aplati par un bout, dont les scieurs de long se servent pour chasser le coin qu'ils appellent *bon-dieu*.

Châssis de charpente. Assemblage de madriers, ou plate-forme dont on entoure les grilles de charpente qui servent à asseoir la maçonnerie dans un terrain sablonneux.

Chevalement. Etaiement composé de plusieurs pièces disposées comme dans les tréteaux ordinaires.

Chevalet. Se dit d'une pièce de bois couchée en travers sur deux autres pièces auxquelles elle est perpendiculaire. On donne aussi ce nom aux tréteaux qui servent pour échafauder et scier de long.

Chevêtre. Pièce de bois placée de manière à laisser un espace libre dans les planchers, pour le placement de l'âtre ou pour le passage des tuyaux de cheminée : elle s'assemble à tenons dans les solives d'enchevêtrures, et est percée de mortaises pour recevoir les solives de remplissage.

Chevron. Pièce de bois du lattis d'un comble; il y en a de plusieurs sortes : les *chevrons cintrés, de coupe* ou *empanons, de ferme, de jouée, de remplissage, jointifs* et *de long-pan*. Voyez aux *Combles*.

Cintre. Espèce de ferme qu'on emploie comme moyen d'exécution dans la construction des voûtes.

Cintre (plein). Voyez *Arche*.

Cintre retroussé. Est celui dont les cours de courbes qui

le forment ne sont soutenues qu'aux naissances. La montée du cintre est la ligne qui réunit les extrémités aux naissances.

Clef. C'est une espèce de coin passant dans une mortaise à l'extrémité d'une lierne, servant à empêcher l'écartement des courbes.

On nomme aussi *clef* le coin qui sert à faire joindre deux assemblées à trait de Jupiter.

Cloison. Pan de bois mince destiné à former les divisions intérieures d'un appartement.

Collet d'un tenon. C'est la partie jointe du tenon et de la pièce qui reçoit le tenon.

Comble. Voyez la définition dans l'ouvrage.

Comble brisé ou *à la Mansard.* Il est composé du vrai comble qui est la partie raide (fig. 27, pl. V), et du faux comble, qui a ordinairement une pente fort douce.

Comble à croupe. Qui est soutenu par une engravure qui porte un poinçon et deux arêtiers (fig. 3, pl. VIII).

Comble en dôme. Dont le plan est carré et l'élévation cintrée. On en voit aux Tuileries, au Louvre et aux écuries de Versailles (fig. 13, pl. VIII).

Comble en équerre. Dont l'angle du faîte est droit; il tient le milieu pour la hauteur, entre le comble pointu *surhaussé* et le comble *surbaissé* (fig. 15, pl. V).

Comble en impériale. Celui dont le contour a la forme d'un talon renversé.

Comble en pavillon. Qui a deux croupes, et qui est à un, deux ou quatre poinçons, tels que ceux des pavillons angulaires des Tuileries (fig. 8, pl. VII).

Comble en patte d'oie. Qui a plusieurs pans formés par divers arêtiers, et dont le plan est un polygone (fig. 15, pl. VII).

Comble pointu ou *à deux égouts.* Dont les côtés font un angle de plus de 45° avec l'horizon (fig. 13, pl. V).

Comble plat ou *surbaissé.* Dont la hauteur est moindre que la moitié de la base (fig. 20, pl. V).

Comble à potence. Appentis composé de deux ou de plusieurs demi-fermes d'assemblage, et porté sur le mur auquel il est adossé (fig. E, pl. V).

Comble rond. Dont la base est circulaire, elliptique ou

ovale, et dont le profil est en pente droite, tels que dans un cône.

Comble en terrasse ou *tronqué*. Qui, au lieu de se terminer à un faîte ou à un poinçon, est coupé carrément à une certaine hauteur, entouré quelquefois d'une balustrade, comme au Louvre.

Comble en trapèze. Dont le profil est un trapèze isoscèle : il est coupé par une terrasse exhaussée au centre.

Contre-avant. Voyez *Auvent*.

Contre-bas et *contre-haut*. Termes qui signifient du *haut en bas* et du *bas en haut*.

Contre-fiche. Pièce de bois mise en pente contre une autre pièce ou contre un mur, pour maintenir et servir d'étaie.

Contre-jauger les assemblages. C'est transporter la largeur d'une mortaise où le tenon doit être fait, de manière à ce qu'il soit de dimension convenable.

Contre-marques. Traits qui se tracent sur les bois à mesure qu'ils sont travaillés, et qui servent à reconnaître ceux d'un même assemblage.

Contre-vent ou *guette*. Pièce de bois mise en contre-fiche, ou croix de Saint-André, pour consolider les fermes, cintres, etc.

Contre-venter. Placer une pièce de bois obliquement contre une autre pour la rendre stable.

Copeau. Menu bois que les charpentiers enlèvent avec leurs instruments de la surface des pièces qu'ils travaillent pour leur donner la forme convenable.

Corbeau. Morceau de fer ou de bois scellé dans un mur par un bout, et dont la partie en saillie supporte les balcons et sert à renforcer les poutres, les solives, etc., ou à les soutenir lorsqu'on ne peut pas les sceller dans le mur.

Cormier. Voyez *Poteau cormier*.

Corroyer le bois. C'est le rendre plan avec le rabot ou la varlope.

Couchis. Madriers placés sur les cintres pour soutenir les voussoirs, ou que l'on met par terre pour recevoir les pieds d'un chevalement.

Coulombes (vieux). Forts poteaux placés deux à deux dans les pans de bois aux endroits où portent les poutres d'un plancher.

Coupe. Section faite au travers d'un bâtiment ou d'un corps quelconque. C'est un plan vertical sur lequel on suppose que reste l'empreinte des parties d'un bâtiment qui étaient en contact avec lui. On y dessine aussi les détails intérieurs non coupés, que l'on suppose projetés perpendiculairement au plan coupant. Cette projection est dite *verticale*. Les figures 1 et 2, pl. V, sont des coupes.

Coupole. Petit dôme.

Courbe. Se dit de toute pièce de bois cintrée, et de toute ligne qui n'est pas droite.

Couronnement. On appelle ainsi l'about d'un chevron qui, au lieu d'être coupé obliquement, est assemblé à enfourchement.

Cours de pannes. Ce sont toutes les pannes ajoutées bout à bout pour faire la longueur d'un comble. Chaque rang de pannes forme un *cours*.

Couverture. *Voyez* l'article *Combles*.

Coyaux. Petits chevrons placés sous les couvertures en saillie sur la corniche.

Coyer. Dans la construction d'une croupe, le *coyer* est une pièce placée horizontalement, et qui va d'un *poinçon* ou d'un *gousset* à l'arêtier auquel elle correspond. On l'assemble dans le pied du poinçon, et elle fait fonction d'entrait. Dans les planchers, le coyer se pose aussi diagonalement, et reçoit les soliveaux en empanons.

Croix de Saint-André. Espèce d'assemblage.

Croupe. *Voyez* l'article *Combles* dans l'intérieur de l'ouvrage.

D

Débillardement. C'est la coupe en diagonale d'une pièce de bois, dont on abat une partie en forme de prisme triangulaire, tel que pour un arêtier, un faîtage.

Débiter. Scier ou refendre le bois. On dit débiter des planches, des chevrons, etc.

Décharge Toute pièce de bois posée obliquement dans un pan de bois. Elle porte sur les sablières et les poitrails dont elle soulage la charge.

Décintrer. Démonter un cintre de charpente.

Décollement. Entaille pratiquée du côté de l'épaulement pour dérober la mortaise.

Dédosser. Dresser avec la scie une pièce pour la mettre à

vive arête, au moyen des levées ou suppressions que l'on fait des parties flacheuses.

Déjeter (*se*). Se dit du bois qui travaille, et dont les surfaces deviennent gauches.

Déjouter et *Déjoutement*. Ces deux mots ont été expliqués.

Dégauchissage. C'est l'action par laquelle on rend plane une surface qui ne l'est pas; ce qui se fait en enlevant de la matière aux places où il y en a trop. Pour connaître les endroits sur lesquels il faut faire agir l'outil, on se sert d'une règle bien droite que l'on présente sur la surface. On ménage les places sur lesquelles la règle ne touche pas, et l'on enlève les parties les plus élevées.

Dégrossir. Se dit, en général, de l'opération par laquelle on donne d'abord à un ouvrage la première façon, en le disposant ainsi à d'autres poinçons qui se succèdent pour le parfaire.

Délarder. Couper en chanfrein les arêtes d'une pièce de bois, ainsi qu'on le fait à un empanon, à un arêtier et à un faîtage.

Démaigrir. Rendre un ou plusieurs angles d'une pièce de bois plus aigus, ou diminer un tenon qui ne peut entrer dans sa mortaise.

Démonter. Défaire avec soin toute charpente assemblée en place.

Densité. C'est le rapport de la masse au volume. On dit *qu'un corps est plus dense qu'un autre*, lorsqu'il contient plus de matière sous un même volume. Par exemple *le chêne est plus dense que le sapin ; la densité des corps est évidemment proportionnelle à leur poids spécifique*. On ne peut, en effet, avoir l'idée de la quantité de matière renfermée dans un même volume de divers corps, que par les poids qu'on leur trouve.

Développer, ou *faire le développement*. C'est représenter, au moyen de lignes, les faces, les profils, et toutes les parties d'une pièce ou d'un assemblage de charpente, soit sur du papier, un mur ou un plancher, en faisant usage de la méthode adoptée pour tracer les épures. *Voyez* ce mot.

Devers. On nomme ainsi une pièce qui n'est pas droite par rapport à ses angles et à ses côtés. Ainsi on dit, marquer ou piquer une pièce de bois suivant son *devers*, c'est-à-dire suivant son gauchissement, pour mettre en dedans le côté déversé.

Déversé. Voyez *Bois déversé*.

Dévêtir. Déposer ou désassembler une pièce sur le tas.

Devis. Mémoire général des conditions suivant lesquelles les marchés sont adjugés aux entrepreneurs des bâtiments, et qui spécifie en outre les qualités et façons que doivent avoir les matériaux propres à la construction du travail.

Dévoyer. Voyez *Empanon dévoyé*.

Dosses. C'est la première et la dernière planche qui se lève lorsqu'on débite une pièce de bois. Ces planches ou dosses servent ensuite dans la construction des cintres et des échafauds.

Donner quartier. La même chose que mettre en herse.

Doubleaux. Fortes solives que l'on place dans les planchers, pour servir de supports aux chevêtres ou toute autre charge.

Dresser. Cingler au cordeau une pièce de bois avant de l'équarrir.

E

Ebaucher. Dresser à l'ébauchoir ou au fermoir.

Ebiser. Synonyme de *chanfreindre*.

Echafaudage. *Voyez* l'article *Echafaudage*.

Echantignole. Synonyme de *chantignole*.

Echantillon (Bois d'). Pièces de bois débitées selon les us et coutumes de chaque pays, et telles qu'on les trouve chez les marchands.

Echarpe. Noms que les ouvriers donnent souvent aux pièces appelées *décharges*.

Echasses d'échafaudage. Synonymes de *perches*. Ce sont de jeunes arbres dont on se sert pour former les échafaudages.

Echelle. C'est en général une ou plusieurs lignes tracées sur une feuille de papier, ou sur une surface plane de bois, de métal, etc., divisées en parties égales, et destinées à servir de commune mesure à toutes les parties d'une épure ou d'un plan. Les échelles dont on fait usage dans l'architecture et dans les constructions représentent ordinairement des modules, des mètres ou parties du mètre, des toises, des pieds ou des pouces

Echifre. Pièce de charpente qui porte les marches d'un escalier. Un escalier à *échifre* est celui dont les limons sont posés à plomb les uns sur les autres.

Egout. Surface extérieure des toits qui sert à l'écoulement des eaux.

Embranchement. Nom que l'on donne aux solives de remplissage en empanon dans un plancher de comble à enrayure.

Embrèvement. Entaille pratiquée à la surface d'une pièce et destinée à recevoir le bout amaigri d'une autre pièce inclinée ; les chevrons s'assemblent ordinairement de cette manière dans les plates-formes : l'effort exercé sur les chevrons n'ayant lieu que dans le sens qui pourrait le faire pénétrer davantage dans l'entaille, cet assemblage présente autant de solidité que celui à tenon ; il est d'ailleurs d'une exécution plus facile, et affaiblit moins le bois.

Empanon. Chevron qui ne va pas jusqu'au faîte, mais qui, dans les croupes, s'assemble à tenons et à mortaises dans l'arêtier ; il peut être délardé ou déversé.

Encastrer. Joindre deux pièces de bois par des entailles à embrèvement.

Enchevalement. Se dit d'une façon d'étayer les murs que l'on reprend sous-œuvre.

Enchevêtrure. Assemblage comprenant l'espace carré vide laissé dans les planchers pour l'âtre, et le passage des tuyaux de cheminée.

Cet assemblage comprend la chevêtre placée parallèlement au mur à distance convenable, et les deux solives d'enchevêtrure dans lesquelles la chevêtre est assemblée.

Enclaver. Faire entrer les bouts des solives par entailles dans une poutre ; c'est aussi arrêter une pièce avec des clefs ou des boulons de fer.

Encorbellement. Synonyme de *corbeau*.

Enfourchement (en). Sorte d'assemblage. *Voyez* l'art. *Assemblage*, et la planche II, fig. 22, 23 et 24.

Engraissement. Nom que l'on donne aux assemblages dont les tenons ne peuvent entrer que par force dans les mortaises.

Enlacer. Faire une enlaçure.

Enlaçure. Trou percé avec un laceret à travers l'assemblage à tenon et à mortaises, pour les cheviller ensemble.

Enligner. Donner à une pièce de bois exactement la même forme qu'à une autre, de manière qu'étant mises bout à bout, les deux semblent n'en faire qu'une.

Enrayure. Assemblage de toutes les pièces horizontales qui composent une ferme.

Entaille. Ouverture plus ou moins grande que l'on fait pour lier une pièce à une autre. Les entailles sont ou carrées ou à mi-bois, ou par embrèvement, ou à dent, ou à queue d'aronde, etc.

On fait des assemblages par entailles.

Enter. C'est assembler, par le moyen d'entailles, deux pièces dans la direction de leur longueur.

Enter ou *épisser une corde*. C'est réunir ensemble ses deux extrémités, ou la réunir à une autre sans faire de nœuds.

Entrait. Pièce principale ou poutre qui porte dans une ferme les arbalétriers et le poinçon.

Les entraits doubles sont ceux qui se trouvent dans les enrayures.

Entretoise. Toute pièce placée entre deux autres dans lesquelles elle s'assemble à tenons et à mortaises. C'est une sorte de traverse qui forme châssis et retient l'écartement.

Entrevous. Espace compris entre deux solives de remplissage.

Epaulement. Est formé par la partie du collet d'un tenon qui recouvre la mortaise d'un côté. Il a ordinairement 3 centimètres de large. Se dit aussi de la partie pleine qui reste entre deux mortaises, et de celle qui fait suite à la mortaise, lorsqu'elle se trouve à l'extrémité d'une pièce.

Epure. On appelle le *trait* ou l'*épure* d'un solide le dessin ou le système de lignes qu'on obtient, en projetant les arêtes d'un solide, et les points remarquables des faces de ce solide sur deux plans rectangulaires.

Equarrir. Faire un équarrissage.

Equarrissage. *Voyez* cet article à la table.

Equipage. Tout ce qui constitue le matériel d'un entrepreneur.

Escalier. *Voyez* cet article dans l'ouvrage.

Essence. Ce qui constitue la nature d'un arbre ; ce mot correspond à espèce, ainsi on dit un bois d'essence de chêne.

Etaie. Pièce de bois qui sert à étayer dans les reprises en sous-œuvre.

Etaiement. Action d'étayer.

Etançon. Pièces de bois au moyen desquelles on soutient les murs et les planchers qui menacent ruine.

Etélon ou *Etalon.* Toute épure de charpente dont la projection est tracée en grand sur un plan vertical ou horizontal.

Etrésillon. Pièce de bois liant ensemble deux autres pièces.

Etrier. Lien de fer ayant deux coudes à angles droits dont on arme les poutres, et servant ainsi à attacher des pièces contre d'autres pièces. C'est ainsi que les chevêtres sont souvent attachées aux solives d'enchevêtrure.

Extrados. Courbe extérieure d'un cintre.

F

Faîtage. Pièce de bois placée à la crête et dans toute la longueur d'un comble, sur laquelle s'appuient les chevrons à leur extrémité supérieure.

Fauconneau. Pièce de bois horizontale et la plus élevée d'un engin, ayant une poulie à chaque extrémité.

Fausse-coupe. Tout joint d'assemblage qui n'est coupé ni d'équerre ni en onglet.

Faux-comble. Se dit de la partie du comble à la Mansard qui est au-dessus des pannes de brisis.

Faux-entrait. Pièce qui, dans certains cas, sert à contrebutter l'arbalétrier.

Faux-limon. Voyez *Escalier.*

Faux-plancher. Celui qui sert à diminuer la hauteur d'un appartement très-élevé ou à cacher un faux-comble. Il se fait avec des solives légères, ou chevrons lambrissés de plâtre, ou de menuiserie, etc.

Ferme. Assemblage de plusieurs pièces de bois dont les principales sont les arbalétriers, poinçons, aisseliers et entraits. Une ferme fait partie du comble, et soutient les pannes et le faîtage.

Fermes (demi-). Celles qui forment les croupes.

Fermettes. Petite ferme d'un faux-comble ou d'une lucarne.

Feuillure. Entaille à angle droit faite dans le sens de l'arête d'une pièce pour recevoir une autre pièce.

Fil. C'est le sens du bois pris suivant la direction longitudinale des fibres de la tige de l'arbre.

File de pieux. Rangée de pieux que l'on couronne ordinairement d'un chapeau.

Flaches. Creux aux arêtes non vives où l'aubier paraît encore.

Flèches. Pièces de bois qui, dans les ponts-levis, servent à les faire manœuvrer.

Flèche. Se dit aussi d'un clocher de forme conique ou pyramidale.

Flèche d'un cintre. Est la hauteur de la perpendiculaire élevée sur le milieu de la ligne passant par les naissances, et prolongée jusqu'à sa rencontre avec le sommet du cintre, etc.

Fond (*monter de*). Se dit des cloisons ou pièces de bois qui, partant du rez-de-chaussée, vont jusqu'au sommet du bâtiment.

Frette. Lien de fer au moyen duquel on serre un morceau en bois pour l'empêcher de se fendre.

Fronton. Ornement de bois de forme triangulaire avec ou sans moulures, couronnant les lucarnes à la flamande.

G

Gâcheur (*maître*). Voyez *Appareilleur*.

Galbe. Contour d'un dôme, d'un balustre.

Garde-fou. Synonyme de *balustrade*; c'est un assemblage de charpente placé aux bords d'un pont en bois, pour empêcher de tomber.

Gauche. Se dit d'une surface dont les arêtes ne sont pas dans un même plan, comme une aile de moulin à vent.

Gélif ou *Gélivure*. Fente ou gerçure causée par la gelée.

Giron. Largeur de la partie horizontale ou supérieure d'une marche.

Gorge de démaigrissement. Entaille faite à un angle aigu dans une pièce de charpente.

Gorge de poulie. Rainure pratiquée dans l'épaisseur d'une poulie pour recevoir le câble.

Gorge de mortaise. C'est la partie de la mortaise la plus voisine de fond.

Gras. Terme employé par les ouvriers, pour exprimer qu'une pièce a besoin d'être amaigrie, ou qu'un tenon est trop fort pour sa mortaise. Il se dit aussi pour désigner un angle obtus.

Grillage. Assemblage ou système de grosses pièces de bois

qui se croisent carrément, et qui sont retenues entre elles par des entailles à queue d'aronde et des chevilles. Les pièces de cet assemblage qui sont placées en long s'appellent *longuerines*, et celles qui sont mises en travers *traversines*. On en fait usage dans les terrains peu consistants et inondés ; il se pose sur des pilots.

Gousset. Pièce qui, dans les croupes, sert à supporter la demi-ferme d'arêtier.

Grume. Voyez *Bois en grume*.

Guette. Pièce de bois inclinée de deux ou trois fois son épaisseur, servant de décharge dans les pans de bois.

Guigneaux. Pièces de bois transversales assemblées par les deux bouts dans les chevrons d'un toit, pour laisser un passage libre aux tuyaux de cheminée, comme sont les chevêtres dans les planchers.

H

Hangar. Abri recouvert d'un appentis adossé contre un mur : quelquefois aussi les hangars sont isolés; ils sont alors à deux versants. En général, ils sont formés de poteaux de bois portant une sablière renforcée par des aisseliers, et sur laquelle viennent s'appuyer les extrémités des chevrons. *Voyez* fig. E, pl. V.

Herse. Epure représentant les pièces de bois inclinées d'un assemblage dans toute leur longueur, et au moyen de laquelle on trace la coupe des assemblages.

Hiement. Bruit que produisent des pièces de bois assemblées, lorsqu'elles font un mouvement par suite d'un effort qu'elles ont à supporter.

Hoche ou *Coche*. Synonyme d'*entaille*.

Hout. Tréteau dont se servent les scieurs-de-long pour poser leurs pièces.

Huisserie. Ensemble de deux poteaux et d'un linteau, formant l'ouverture d'une porte ou d'une croisée.

I

Intrados. Courbe intérieure d'une voûte.

Instrument. Voyez *Outil*.

J

Jambage. Pied droit d'une porte. Pièce de bois verticale.

Jambe de force. Pièce de bois inclinée servant à affermir une pièce verticale.

Jambette. Petite pièce de bois debout employée à soulager ou fortifier les arbalétriers d'un comble.

Jauge. Sorte de mesure en forme de règle divisée et subdivisée, servant à tracer les coupes à faire dans le bois. *Voyez* Outils et instruments.

Joint. C'est l'endroit où deux pièces de bois se réunissent.

Jouées. Côtés de la lucarne formés en platras, ou simplement en planches recouvertes en ardoises. Les chevrons de jouée sont ceux qui correspondent aux montants de la lucarne.

Jumelles. Pièces de bois verticales ou parallèles, servant de support.

L

Lambourde. Pièce de bois horizontale, destinée à maintenir les extrémités des solives dans les planchers.

On appelle aussi *lambourde* une autre pièce couchée, et scellée diagonalement sur les solives pour y attacher du parquet, ou carrément pour y clouer des ais.

Lanterne. Petite tourelle de charpente placée au-dessus d'un dôme, ou au-dessus du comble d'un corridor, ou d'une boutique, pour y donner du jour.

Levage. C'est l'action de monter le bois avec une chèvre. Les ouvriers disent *aller au levage*.

Lien. Synonyme d'*aisselier*. Pièce de bois droite ou courbe, placée obliquement dans les assemblages de charpente, aux angles formés par la rencontre des pièces horizontales et verticales.

Lien de fer. Morceau de fer méplat coudé ou cintré, servant à consolider les assemblages.

Lierne. Pièce de bois avec entailles, servant à brider et relier d'autres pièces dans un assemblage.

Lierner. Attacher avec des liernes.

Ligne géométrique. *Voyez* à la géométrie.

Ligne de couronnement. Celle qui passe par tous les sommets d'une rangée de pieux ou de poinçons, etc. Se dit aussi de l'arête supérieure d'un faîtage.

Ligne d'about. Est celle qui passe par toutes les arêtes extérieures des pieds de chevrons d'un comble.

Ligne de gorge. Est celle qui passe par toutes les arêtes intérieures des pieds de chevrons d'un comble.

Limon. Pièce de bois rampante dans laquelle s'assemblent les marches des escaliers.

Limon (faux). Se pose contre les murs d'échiffres d'un escalier, pour recevoir l'extrémité des marches.

Linçoir. Pièce de bois entaillée de mortaises, et placée à 13 ou 16 centimètres des murs, pour recevoir les solives d'un plancher.

Linteau. Pièce de bois horizontale formant le dessus des portes et des croisées. Elle s'assemble et se pose sur les pieds droits.

Lisse. Pièce de bois que couronne un garde-fou.

Lit. Dans les ponts de bois, c'est le plancher composé de poutrelles avec traverses et couchis.

Long-pan. Le côté le plus long d'un comble.

Longuerines. Pièces placées en long dans un grillage.

Lucarne. Ouverture en forme de fenêtre pratiquée en saillie dans les combles. Une lucarne est dite *carrée*, lorsqu'elle est formée carrément; *ronde*, lorsque l'ouverture ou baie est circulaire; *bombée*, lorsque la partie supérieure est une portion de cercle; à la *flamande*, lorsqu'elle est construite en maçonnerie, couronnée d'un fronton et posée sur l'entablement; à la *demoiselle*, lorsqu'elle est portée sur les chevrons et couverte en contre-auvent ou en triangle; et à la *capucine*, lorsqu'elle est couverte en croupe de comble.

M

Machine. Synonyme d'*engin*, qui est le nom générique des divers appareils dont se servent les ouvriers, pour lever ou faire mouvoir des fardeaux. Les *machines composées* sont la grue, le cabestan, etc.; et les *machines simples* sont le levier, les poulies, la vis, le coin, etc.

Madrier. Pièce de bois épaisse et méplate.

Malandres. Endroits gâtés, pourris, dans les pièces de bois.

Malfaçon. On dit qu'il y a malfaçon, lorsqu'on emploie des bois plus forts qu'il n'est nécessaire, ou trop amaigris; ou quand les assemblages sont mal exécutés.

Marche. Partie de l'escalier sur laquelle on pose le pied.

Marche d'angle. Celle qui détermine le milieu d'un quartier tournant d'un escalier à jour rectangulaire.

Marche palière. Qui forme le bord d'un palier.

Membron. Grosse pièce horizontale, servant à consolider d'autres pièces.

Membrures. Les plus grosses pièces de toutes celles qui sont employées dans les machines.

Mentonnet. Bossage qu'on laisse sur une pièce.

Méplate. Pièce qui a plus de largeur que d'épaisseur.

Mettre en chantier. C'est poser une pièce de bois sur deux autres nommées *chantiers*, lorsqu'on veut la travailler.

Mettre les bois en leur raison. C'est disposer les pièces d'un assemblage sur le chantier, selon la place qu'elles doivent respectivement occuper.

Mettre une pièce de bois sur son raide ou *sur son fort*. C'est, lorsqu'elle est courbe, mettre le côté bombé pardessus.

Moises. Pièces de bois qui, jointes ensemble selon leur épaisseur avec des boulons, servent de liens dans les combles, dans les palées ou files de pieux, ainsi qu'aux principales pièces de grues et autres machines. Elles sont entaillées à mi-bois, pour recevoir les pièces qu'elles embrassent et dont elles augmentent la stabilité. Elles sont ou droites ou circulaires, selon le cas. (*Voyez* pl. II, fig. 29, 30 et 31). On appelle *moises coudées*, celles qui sont délardées de leur demi-épaisseur au lieu d'être entaillées.

Montants. Pièce de bois à plomb.

Montée d'une voûte. La hauteur depuis sa naissance jusqu'à son sommet.

Mortaise. Trou fait dans une pièce de bois, de la forme du tenon qu'il doit recevoir. Pour qu'une mortaise soit bien faite, il faut qu'elle soit juste tant en gorge qu'en about.

N

Naissance. Origine d'une voûte ou d'une courbe.

Niveau (*de*). On dit qu'un plancher est de niveau, lorsqu'il est horizontal ; c'est-à-dire qu'il ne penche ni d'un côté ni de l'autre par rapport à la verticale.

Noue. Pièce placée dans l'angle rentrant formé par deux versants de comble, et faisant l'effet contraire de l'arêtier.

Noulet. Sorte de ferme placée à la rencontre de deux combles, et dans laquelle on assemble les empanons.

Noyau de fond. C'est celui qui va du rez-de-chaussée jusqu'au dernier étage.

Noyau suspendu (*le*), au contraire, est coupé au-dessous du palier de chaque étage, au point d'arrivée du limon.

O

Oches. Entailles ou marques que font les charpentiers, sur les règles de bois, pour marquer des mesures.

Œil-de-Bœuf. Ouverture circulaire ou elliptique, sorte de lucarne.

Œuvre. Terme usité en charpenterie; mettre en œuvre une matière quelconque, c'est l'employer. On dit aussi dans œuvre et hors d'œuvre, pour *au dedans* et *dehors* d'un bâtiment, d'un mur.

Onglet ou *Anglet*. Tout joint coupé obliquement, suivant un angle de 45 degrés environ.

Outil. Nom générique de tous les instruments simples dont se servent les charpentiers. Le ciseau est un outil, le compas est un instrument.

P

Palée. Rangée ou file de pieux formant la pile d'un pont.

Palier. Espèce de plate-forme sur un escalier où les marches sont interrompues. Lorsque cette plate-forme a en carré la longueur des marches, on l'appelle *demi-plate-forme*.

Pan de bois. *Voyez* page 128, et fig. 1, 2, 3 et 4, pl. III.

Panne. Pièce de bois placée sur les fermes, portée sur des tasseaux ou chantignoles, et servant à supporter les chevrons.

Parpaing. On dit qu'une pierre, une poutre fait parpaing lorsque son épaisseur forme les deux côtés d'un mur, ou d'une cloison qu'elle supporte.

Pas. Espèce d'entailles pratiquées dans les sablières ou plates-formes des combles pour recevoir par embrèvement, le pied des chevrons.

Patin. Se dit de toute pièce horizontale portée par un mur faisant parpaing, sur laquelle porte une autre pièce debout; comme dans les escaliers où les noyaux et potelets s'assemblent dans le patin posé sur le mur d'échiffre.

Patte d'oie. Enrayure du comble, au-dessus du chevet d'une église gothique : il se dit aussi de la manière dont les charpentiers marquent les pièces de bois, en traçant trois traits passant par le même point.

Peupler. C'est garnir un espace vide de pièces de bois espacées à égale distance. On peuple une cloison de poteaux, un plancher de solives, un comble de chevrons.

Perche. Synonyme d'*échasse*.

Pièce ou *solive*. Unité de mesure à laquelle on rapporte les volumes de charpente.

Pièce de charpente. Tout morceau de bois taillé qui entre dans un assemblage de charpente. Les plus fortes pièces, comme les poutres, tirants, entraits, jambes de force, sont les *maîtresses pièces*.

Pièce de pont. Grosse solive placée en travers sur les sommiers d'une travée qu'elle dépasse à l'endroit des lisses, et dans laquelle on amortaise les poteaux d'appui et les liens pour les entretenir.

Pied-droit. Jambage d'une porte; c'est aussi dans un passage voûté, la partie comprise entre le sol et la naissance de la voûte.

Pieu. Petit pilot.

Pilot. Pièce de bois taillée en pointe par un des bouts et ordinairement ferrée, qu'on enfonce verticalement en terre, et qui s'emploie le plus ordinairement dans la construction des piles de ponts en bois, les estacades, et dans les fondations.

Pilots de bordage. Ceux qui circonscrivent le pilotage et qui portent les racinaux.

Pilots de remplage. Ceux compris dans le bordage ou qui garnissent l'espace piloté.

Pilots de retenue. Ceux qui, placés en dehors des fondations, soutiennent un terrain peu consistant.

Pilots de support. Ceux sur la tête desquels le grillage ou la plate-forme est posée.

Pilotage. Ouvrage de fondation en pieux, ou pilots sur lesquels on bâtit.

Piloter. Enfoncer des pieux ou pilots.

Pilotis. Synonyme de *pilot*.

Piquer. Marquer une pièce de bois pour la façonner.

Planche. Toute pièce de bois refendue qui n'excède pas 5 centimètres d'épaisseur.

Plancher. Assemblage de pièce de bois posées horizontalement, servant à séparer les différents étages d'un bâtiment, et à en multiplier les surfaces. *Voyez* la 3e partie.

Plancher de plate-forme. Surface ou aire formée de madriers, et pratiquée au-dessus d'un espace garni de pilots pour recevoir les fondations; les pièces de bois plates qui forment le plancher sont arrêtées avec des chevilles de fer sur la tête des pieux.

Plate-forme de comble. Pièces de bois plates assemblées bout à bout, à queue d'aronde, et placées sur l'épaisseur des murs, pour recevoir dans des *pas* taillés par embrèvement, les pieds des chevrons. Lorsque la plate-forme est double ou formée de deux pièces, celles-ci sont assemblées entre elles par des entretoises.

Poinçon. Pièce de bois debout ou verticale dans laquelle sont assemblés le faîte et les arbalétriers d'une ferme.

On nomme aussi *poinçon*, l'arbre vertical sur lequel une machine tourne ou s'appuie.

Pointal. Toute pièce de bois qui, mise d'aplomb, sert à étayer une poutre ou toute autre pièce qui menace ruine.

Poitrail. Grosse poutre horizontale reposant sur des pieds droits ou montants, destinée à porter un mur de face ou un pan de bois au-dessus d'une baie.

Pont. Ouvrage en maçonnerie ou en bois, ou de pierre et de bois tout ensemble, composé d'une ou plusieurs arcades, façonné dans sa partie supérieure, comme un chemin, pour faciliter le passage d'une rivière.

Pont dormant. Qui est fixe, immobile.

Pont à coulisse. Qui se glisse en roulant sur des poulies.

Pont-levis. Qui se lève avec des chaînes ou par tout autre moyen.

Pont-tournant. Qui se tourne sur un pivot.

Pont suspendu. Construit par des chaînes ou des cordes, sans être appuyé sur aucune pile autre que les culées des deux extrémités.

Portée. Longueur de toute pièce de bois entre deux appuis.

Porter. Expression souvent usitée parmi les ouvriers; ainsi, on dit d'une pièce de bois qu'elle porte, lorsque, étant calée, elle ne peut chanceler : on dit aussi d'une poutre, d'une solive, etc., qu'elle porte tant de long et de gros, pour dire qu'elle a tant de longueur et de grosseur.

Porter à faux. C'est lorsqu'une pièce porte en saillie, par encorbellement, ou sur un vide.

Poser. Mettre une pièce en place.

Poser à cru. Dresser sans fondation tout ce qui sert à soutenir quelque chose.

Poser de champ. Mettre une pièce sur son côté le plus étroit.

Poser de plat. Mettre une pièce sur son côté le plus large.

Poser en décharge. Placer obliquement une pièce de bois pour arc-bouter.

Poteau. Toute pièce de bois posée debout, quelles que soient ses dimensions.

Poteau-cormier. Maîtresse pièce placée aux extrémités d'un pan de bois, ou à l'encoignure de deux, et dans laquelle s'assemblent les sablières de chaque étage.

Poteau de cloison. Celui qui est assemblé à tenons et mortaises dans les sablières d'une cloison.

Poteau de décharge. Celui qui est incliné en manière de guette, qui est son synonyme.

Poteau de fond. Celui monté de fond sur un autre.

Poteau de membrure. Celui qui sert à porter de fond les poutres dans les cloisons.

Poteau de remplissage. Celui qui sert à garnir un pan de bois.

Poteau d'huisserie. Qui forme le côté d'une porte ou d'une fenêtre et soutient le linteau.

Poteau montant. Pièce retenue à plomb par deux contre-fiches au-dessous du lit du pont de bois, et par deux décharges au-dessus du pavé ou du plancher, pour entretenir les lisses ou garde-fous.

Poteau (maître). Voyez *Pièce de charpente.*

Poteau d'écurie. Qui sert à séparer les places des chevaux dans les écuries.

Poteau de lucarne. Qui forme le côté d'une lucarne et en supporte le chapeau.

Potelet. Petit poteau; est employé dans les pans de bois, dans les fermes des combles et les échiffres des escaliers.

Potence. Pièce de bois debout comme un pointal, couverte d'un chapeau ou semelle, et assemblée avec un ou deux liens, ou contre-fiches : elle se place sous le milieu d'une poutre qui a trop de portée, ou qui est éclatée.

Poutre. Grande et grosse pièce de bois destinée à porter les solives d'un plancher.

Poutre armée. Fortifiée par des armatures.

Poutre feuillée. Qui a des feuillures ou entailles, pour recevoir les bouts des solives.

Poutrelle. Petite poutre.

Profil. Section perpendiculaire faite au travers d'un bâtiment, d'une pièce de charpente, etc., servant à en faire connaître les divers contours et les dimensions. Le *profil* diffère de la *coupe*, en ce que, dans celle-ci, on projette aussi sur le plan coupant les parties non coupées qui se trouvent dans l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment, etc.; ce qui n'a pas lieu pour le profil, qui ne doit représenter que le contour proprement dit du corps que l'on considère.

Propriété. Qualité, vertu des plantes : ce qui appartient à une chose, la distingue.

Q

Qualité. Ce qui fait qu'une chose est telle ou telle, bonne ou mauvaise.

Quartier tournant. Partie d'un escalier où les marches font une révolution autour d'un angle quelconque.

Queue d'aronde. Voyez aux assemblages, 3e partie, ou fig. 9 et 29, pl. II.

R

Raboteur. Compagnon charpentier qui pousse les moulures sur les bois apparents.

Racinal. Pièce de bois méplate, boulonnée sur la tête des pieux pour recevoir les madriers, formant la plate-forme d'un grillage.

On préserve les racinaux de la détérioration causée par l'humidité, en remplissant les intervalles au-dessous et entre les pilots, avec du charbon de bois.

Racinaux de grue. Pièces de bois croisées, qui forment l'empatement ou le plancher sur lequel repose la grue.

Rampant. Tout ce qui est incliné.

Rampe de chevron. Inclinaison des chevrons d'un comble.

Ravalement. Amaigrissement effectué à l'extérieur d'une pièce de bois, pour la rendre ce qu'elle doit être.

Ravaler. Faire un ravalement.

Recéper. Couper toutes les têtes des pièces d'un pilotage, pour les mettre de niveau.

Réduire un dessin. En faire une copie en petit, en conservant les mêmes proportions.

Refendre. Débiter de grosses pièces avec la scie pour en faire des solives, des chevrons ou des planches.

Refuite. Excès de profondeur d'une mortaise ou d'un trou quelconque fait dans le bois pour recevoir une autre pièce.

Refus de mouton. On dit battre un pieu jusqu'à refus de mouton, jusqu'à ce qu'il ne puisse pas entrer plus avant.

Repère. Trait pour reconnaître les pièces d'un même assemblage.

Revêtir. Synonyme de *peupler*.

S

Sablière. Plate-forme étroite. Dans les pans de bois, c'est une pièce horizontale destinée à recevoir les poteaux.

Sapines. Pièces de sapin que l'on emploie pour dresser les échafaudages.

Sceller. Synonyme d'*arrêter*.

Sciage. Action de scier, ou travail du scieur.

Scier. Refendre avec scie.

Semelle. Pièce de bois horizontale qui, dans les combles, sert quelquefois d'entrait, on suppose un étaiement ou un chevalement, etc.

Solive. Pièce de bois de 8 à 16 centimètres d'équarrissage (ou de brin) servant à former les planchers.

Soliveau. Petite solive.

Sommier. Grosse poutre.

Sous-faîte. Pièce d'un comble posé de niveau au-dessous du faîte, et lié par des croix de Saint-André.

Sous-chevron. On nomme ainsi, dans la charpente d'un dôme ou d'un comble cintré, une pièce de bois dans laquelle sont assemblés deux chevrons courbes.

Stéréotomie. C'est l'art de trouver la figure des objets d'après le dessin qui les représente. Cet art est connu de ceux qui pratiquent la coupe des pierres et des bois, sous le nom d'*appareil* ou *art du trait*.

Surplomb. Qui n'est pas d'aplomb, qui s'éloigne de la verticale.

T

Tailler. Couper, retrancher avec la cognée, le ciseau.

Tampon. Petit morceau de bois que l'on met pour boucher un trou.

Tandière. Synonyme d'échasse ou perche, dont on se sert pour dresser les échafauds.

Tas. C'est la place sur laquelle on raccorde, dans le bâtiment, une pièce que l'on pose. On dit : faire une mortaise, un tenon, un coupement, une entaille sur le tas.

Tasseaux. Petits morceaux de bois carrés assemblés dans les arbalétriers pour porter les pannes, ou sur un pieu pour soutenir les moises; le tasseau équivaut à la chantignole.

Tenon. L'extrémité d'une pièce diminuée d'une partie de son épaisseur, que l'on introduit dans la mortaise. La partie en saillie sur le tenon s'appelle *épaulement;* lorsque la pièce est inclinée, il est coupé obliquement.

Tenon en about. *Voyez* aux assemblages; et pl. II.

Tirant. La même chose qu'entrait : il s'oppose à l'écartement des arbalétriers.

Toisé bout avant. Ou devis estimatif. (Vieux.)

Tournisse. Pièce qui, dans les pans de bois, sert à remplir les vides laissés par les décharges.

Trace. On appelle *traces* d'un plan les droites suivant lesquelles un plan rencontre les plans de projection.

Tracer. Tirer les lignes d'une épure, sur le papier ou sur un aire de maçonnerie ou de planches.

Trait (art du). Voyez *Stéréotomie*.

Trait de Jupiter. *Voyez* aux Assemblages.

Trait de scie. C'est le passage que fait la scie en coupant une pièce de bois.

Travée. Espace compris entre deux piles de pont, deux solives d'enchevêtrure, deux poutres ou deux fermes de comble.

Traversine. Espèce de solive qu'on entaille dans des pilots, dans le bois d'un grillage ou d'un radier d'écluse.

V

Veau. Levée que l'on fait dans une pièce de bois avec la scie.

Voie. Synonyme de *trait de scie*.

Voie (donner de la). C'est incliner à droite et à gauche alternativement les dents d'une scie.

Volée. Nom donné à un certain nombre de coups de mouton, qui se comptent en battant les pieux.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

QUATRIÈME PARTIE.

CINQUIÈME PARTIE.

SIXIÈME PARTIE.

Nomenclature et description des outils, instruments, machines dont se servent les charpentiers.

APPENDICE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. SAILLARD.

48
C
N
M
A
O
F′
F
A
C′
M′
51
E
C
D
L
D
B
I
K
B′
O
A
F
N
R
X
C′
E′
D
M
C
O
G
N′
K
A
E
H
L
I
B
54
D
53
b
c
a
12
o
8
1
7
2
6
3
4
5
B
4
3
2
1
o
4
3
4
o
A′
B′
B″
D
3
9
E
C′
m
Y
M
K
2
A

Débit des bois.

(D)

(I)

(E)

(K)

(R)

(F)

(L)

A

B

A

(G)

(M)

C

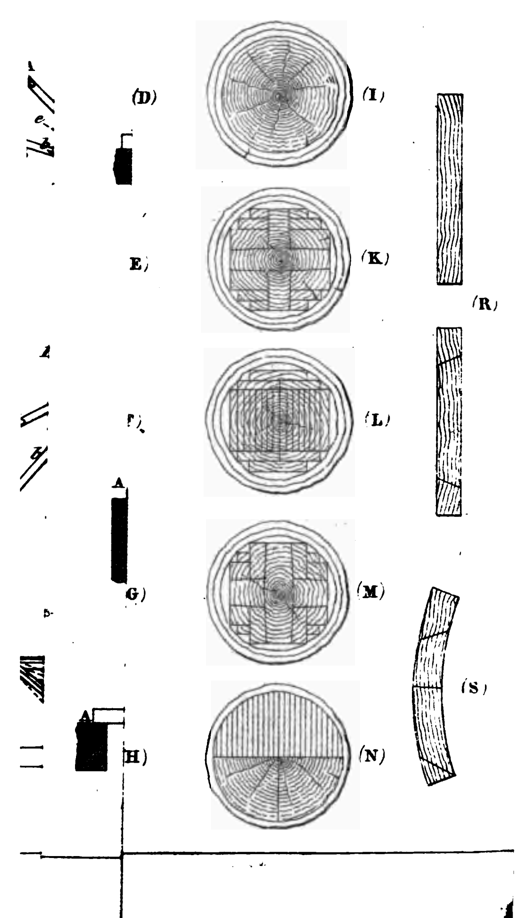
(S)

A

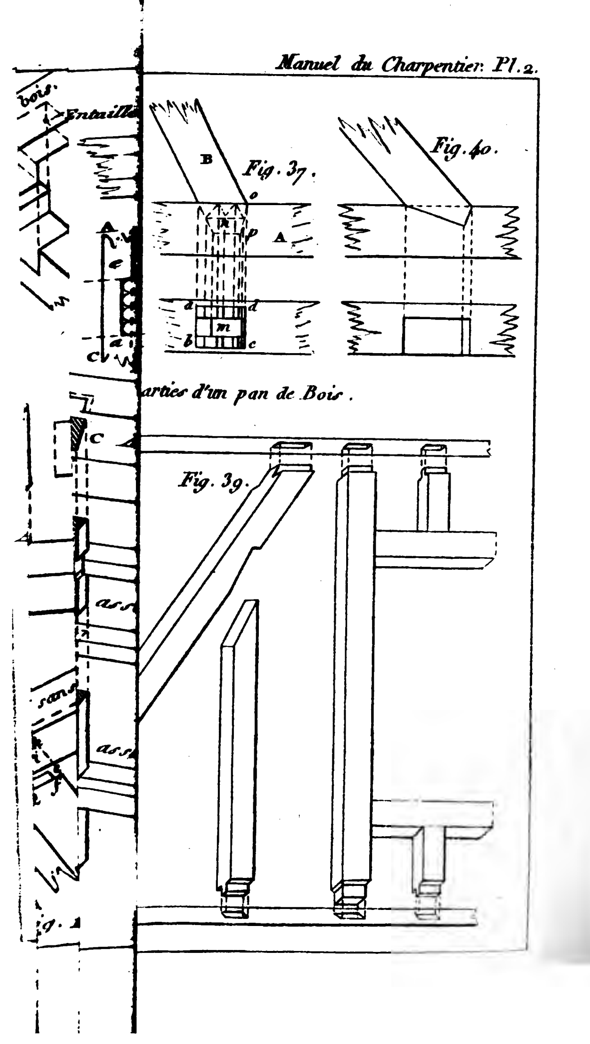
(H)

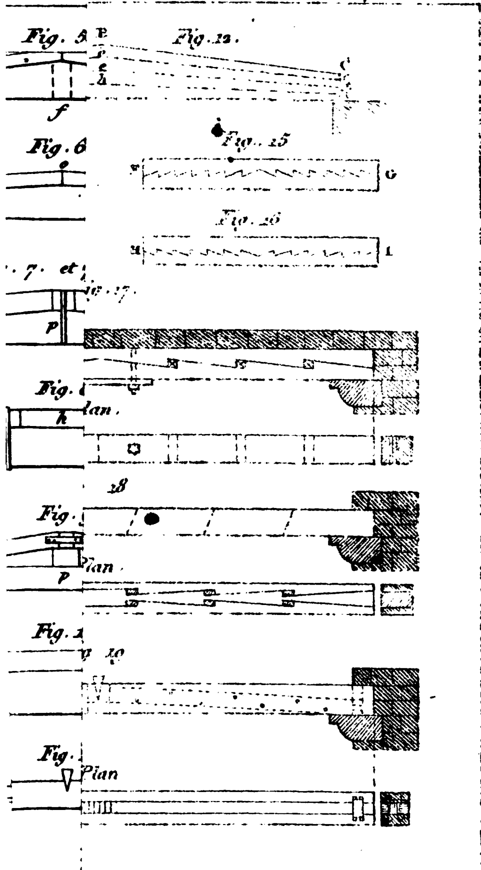
(N)

Débit des bois.

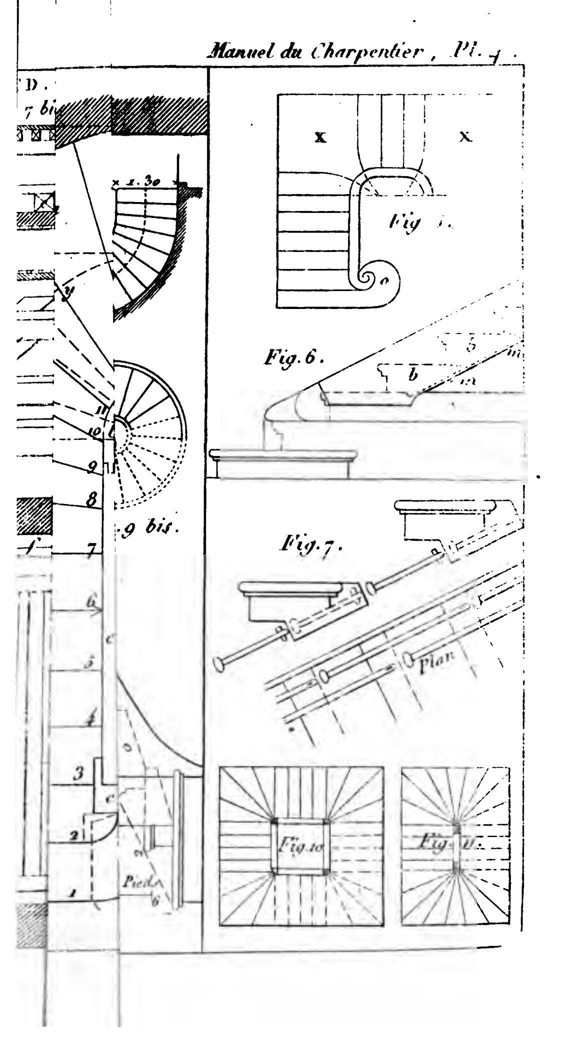


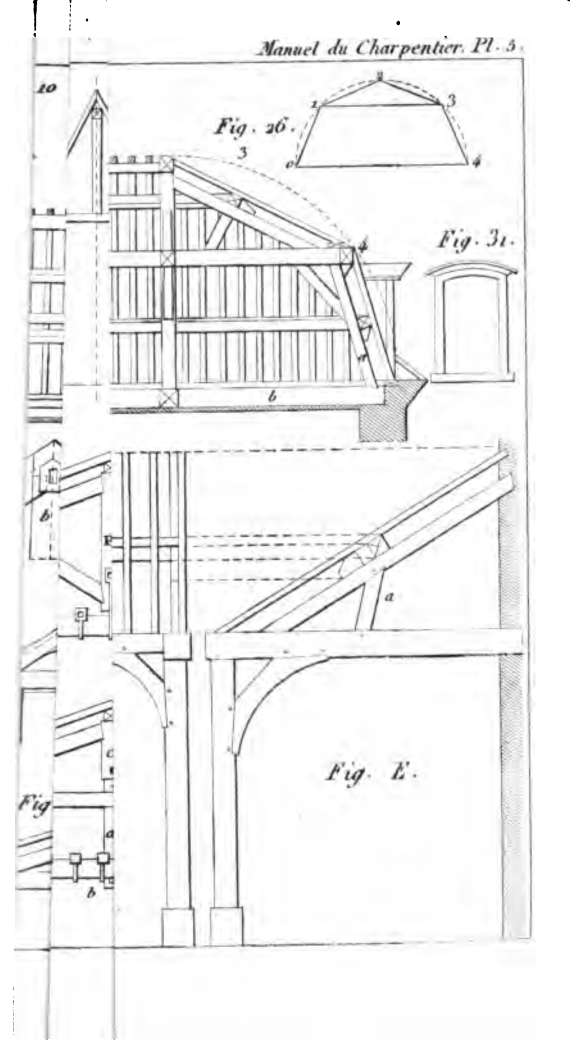

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.

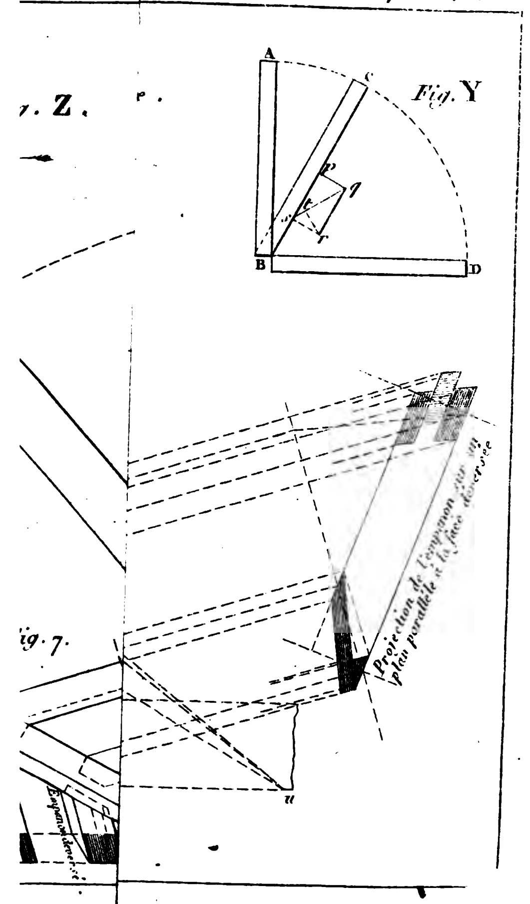

bois.
Entaille
A
e
a
C
B
Fig. 37.
o
n
p
A
d
d
m
b
c
Fig. 40.
arties d'un pan de Bois.
C
Fig. 39.
ass
sans
ass
k
i
f
g. 1

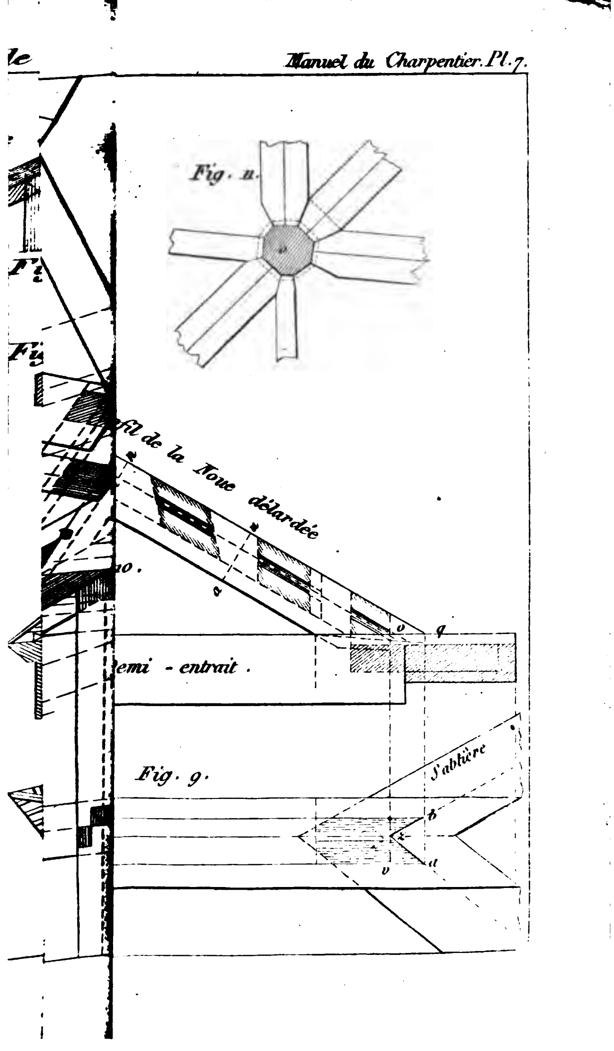

Fig. 5
f
Fig. 12.
Fig. 6
Fig. 25
Fig. 26
7. et
p
Fig.
lan.
h
28
Fig.
Plan.
p
Fig.
10
Fig.
Plan

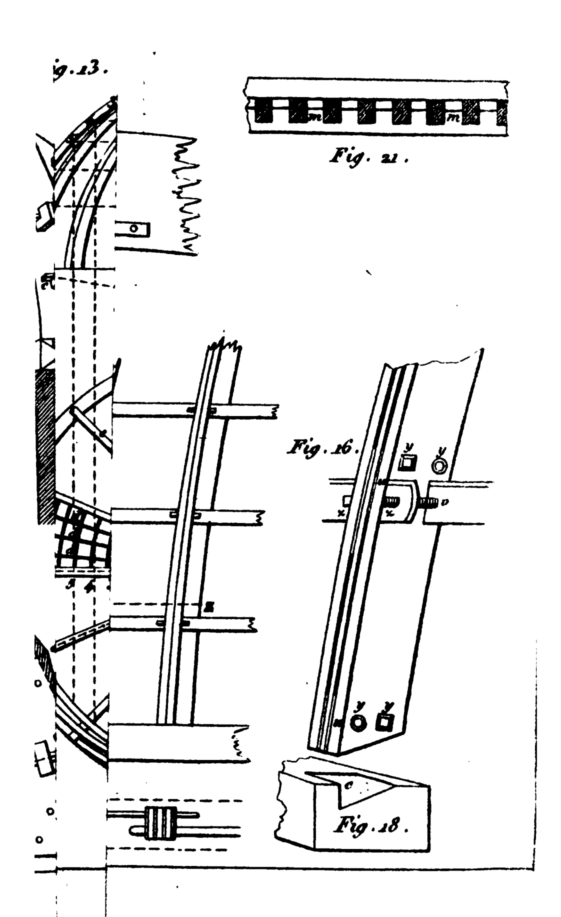

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.


D.
7 bis
1.30
y
11
10
9
8
9 bis.
7
6
c
5
4
3
c
2
1
Pied
6
x
x
Fig
o
Fig. 6.
5
m
b
Fig. 7.
Plan
Fig. 10
Fig. 11.

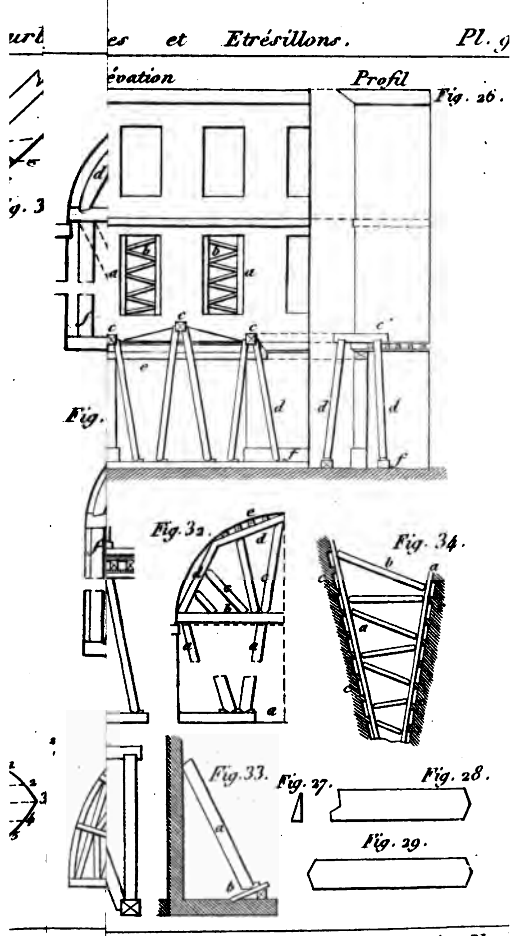

10
Fig. 26.
1
2
3
0
4
3
4
Fig. 31.
b
b
a
Fig. E.
Fig
a
b


Fig. Y
A
C
B
D
p
q
t
r
g. Z.
ig. 7.
Projection de l'empanon sur un plan parallèle à la face déversée
u


Fig. 11.
fil de la Noue délardée
a
o
q
10.
emi - entrait.
Fig. 9.
Sablière
b
z
a
v


Fig. 13.
m
m
Fig. 21.
Fig. 16.
y
y
x
x
v
y
y
c
Fig. 18.




évation
Profil
Fig. 26.
g. 3
Fig.
Fig. 32.
Fig. 34.
Fig. 33.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.

3

8

9

9

b

a

c

C

F

I

B

g. 1

c

c

b

c

B

la Fig. 16.

10 Mètres

A

A

Fig.

Fig. 2

L

O

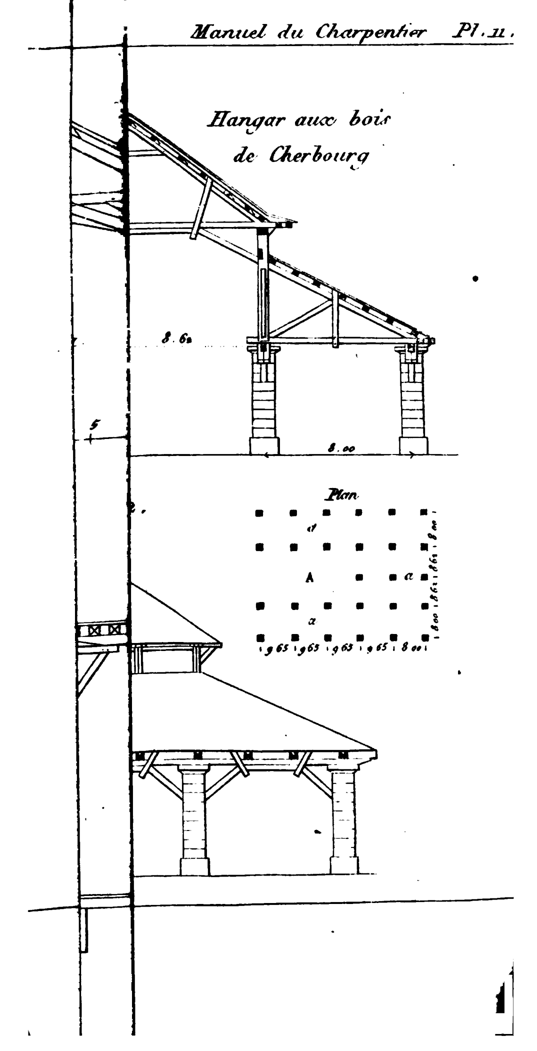
P

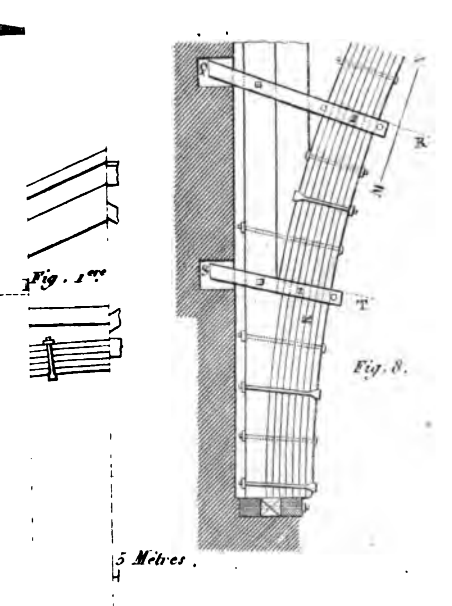
n

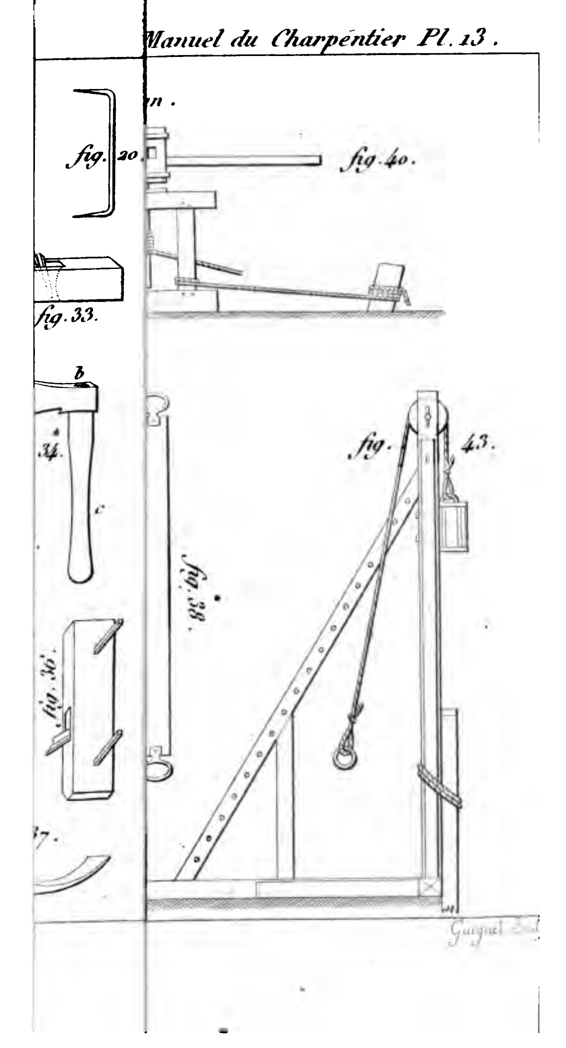
Fig. 24.

b

m

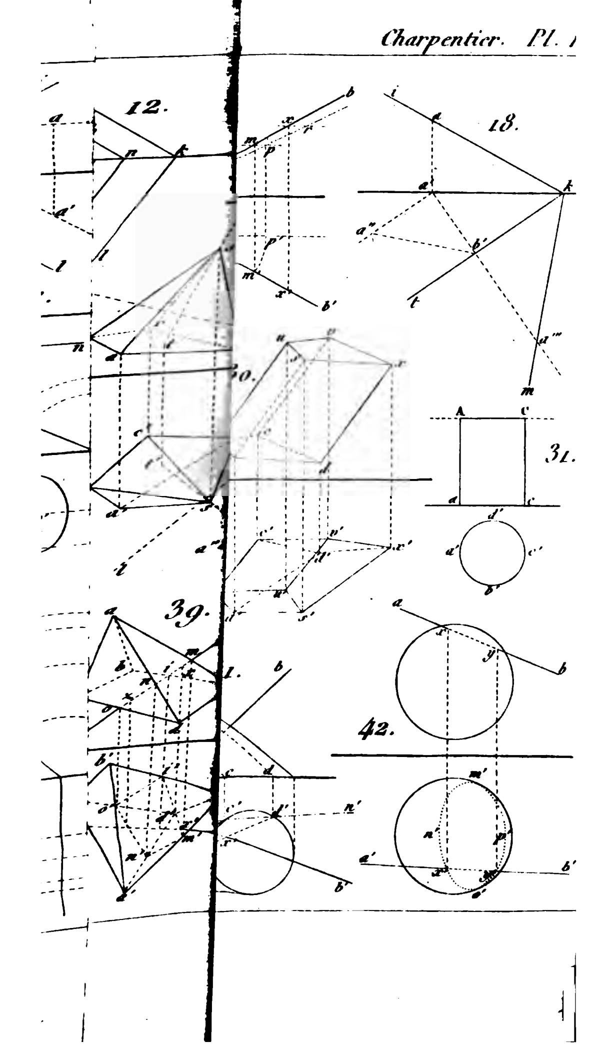

Hangar aux bois
de Cherbourg
8.62
5
8.00
2
Plan
A
a
a
a
9 65
9 65
9 63
9 65
8 00
8 00
8.62
8.62
8.00


R
N
S
T
Fig. 8.
Fig. 1ère
5 Mètres.



n.
fig. 20.
fig. 40.
fig. 33.
b
34.
c
fig. 38.
fig. 36.
fig. 43.
37.
Guignet Sculp.




12.
18.
31.
39.
42.



28, 29, 30 et 31
(Voir à la Pl. 16)

D
C
B
A
27
27 27
E
d
a
C
D
C
S

A B

46

B

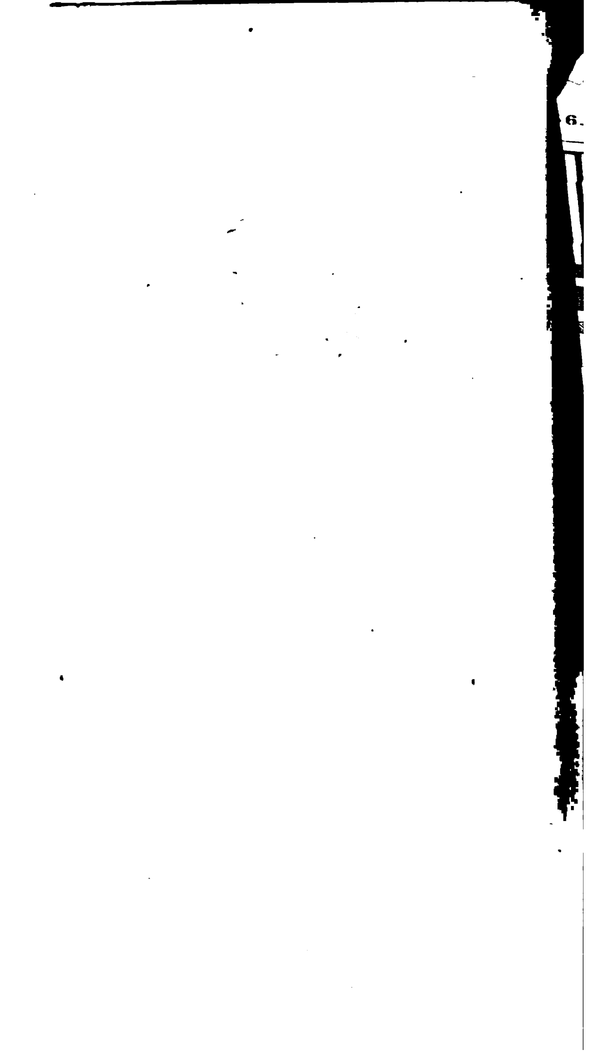
42

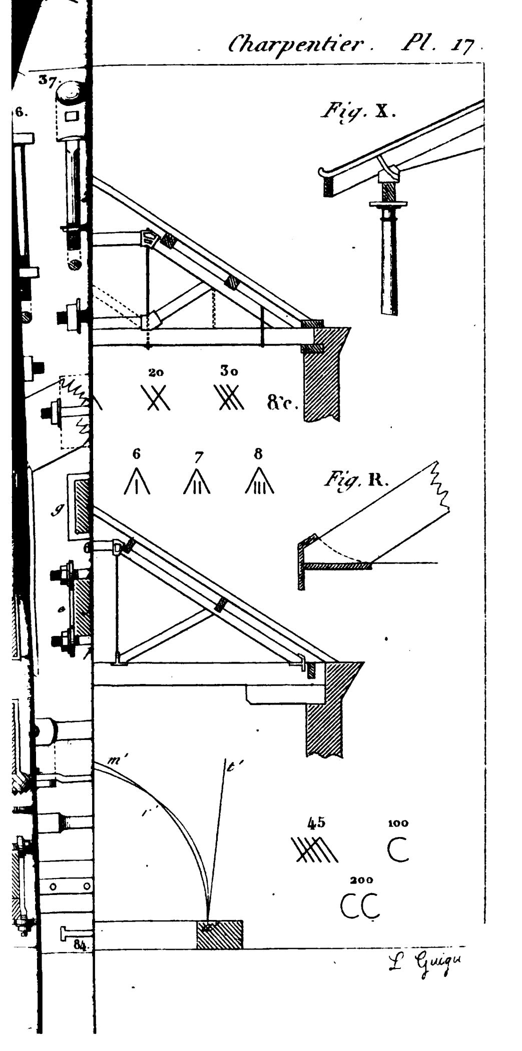
49

e c g
t n r
h
f d

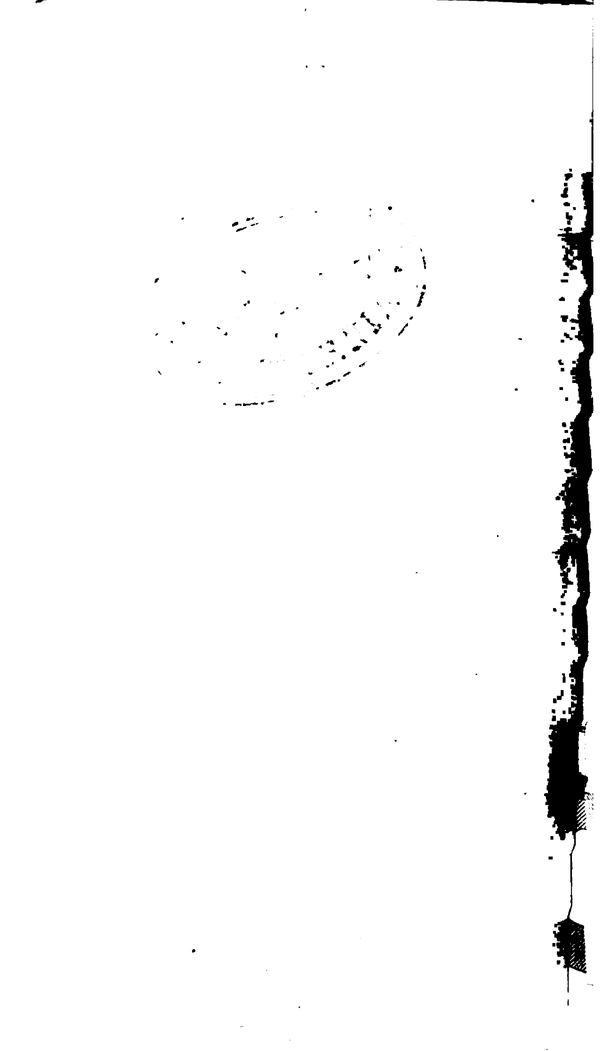
48 bis

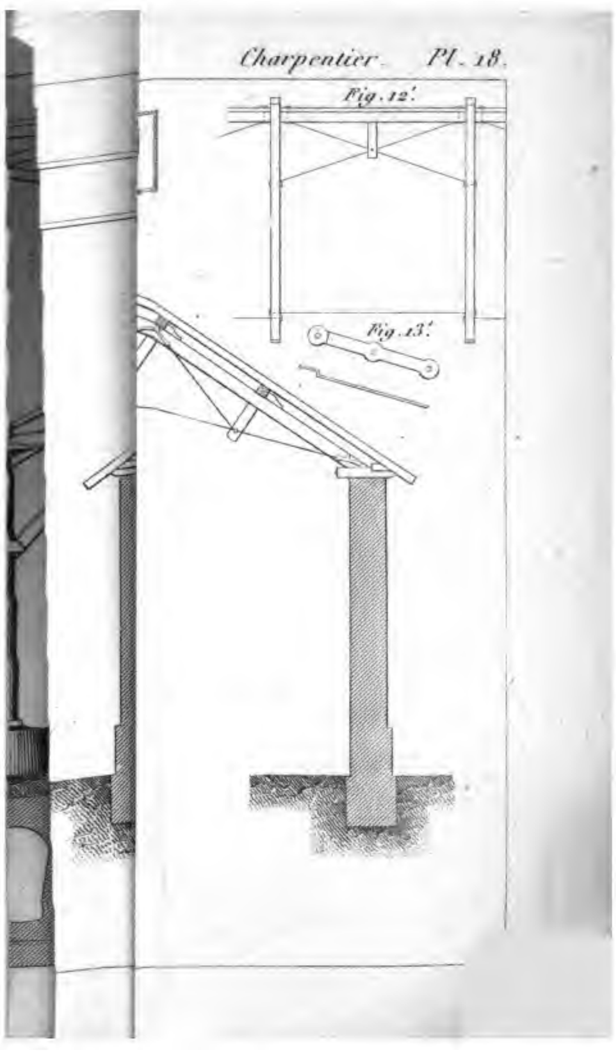
36


6.

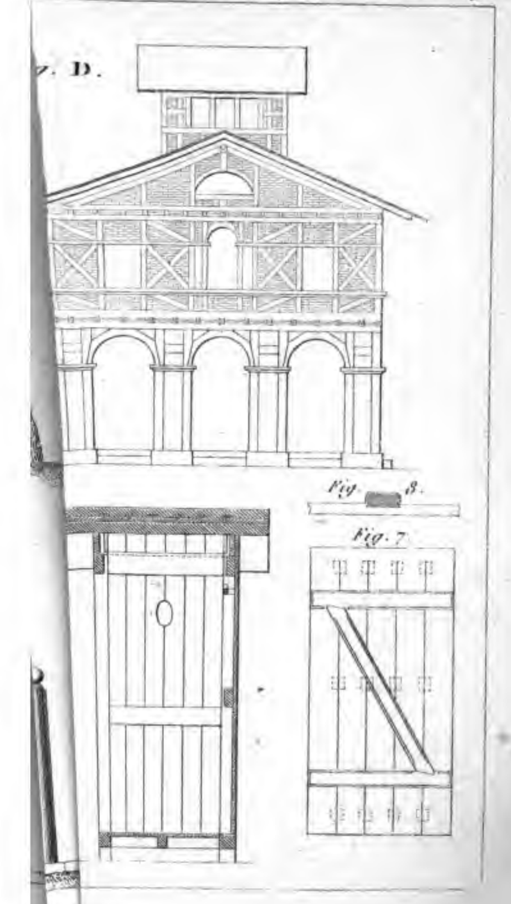


L Guigu



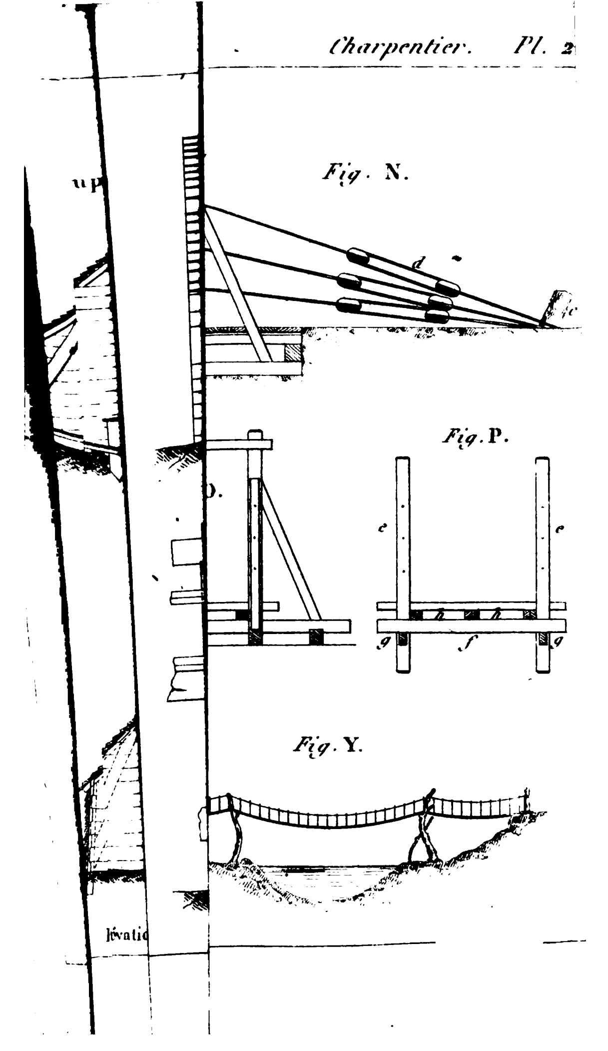

Fig. 12'.
Fig. 13'.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA.



. D.
Fig. 8.
Fig. 7.




Fig. N.
d
c
Fig. P.
e
e
h
h
g
f
g
Fig. Y.


UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

